

Trabajo Fin de Grado

Ingeniería Civil



Evaluación de la accesibilidad al transporte público en Sevilla mediante simulaciones macroscópicas

Autor: Javier Fernández Tejada

Tutor: Luis M. Romero Pérez

Dep. Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2016



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Civil
Intensificación en Transportes y Servicios Urbanos

Evaluación de la accesibilidad al transporte público en Sevilla mediante simulaciones macroscópicas

Autor:
Javier Fernández Tejada

Tutor:
Luis M. Romero Pérez

Ingeniería e Infraestructura de los Transportes
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 201

Trabajo Fin de Grado: Evaluación de la accesibilidad al transporte público en Sevilla mediante simulaciones macroscópicas

Autor: Javier Fernández Tejada

Tutor: Luis Miguel Romero Pérez

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2016

*A mis Padres por su apoyo,
y a mi profesor Luis M. Romero,
por su ayuda y colaboración.*

Resumen

La congestión urbana es un problema que afecta de manera específica a los accesos y grandes distribuidores viarios de las principales aglomeraciones en los periodos punta diarios, y a lo largo de todo el día en los espacios centrales. Se trata de una congestión provocada, fundamentalmente, por los tráficos privados que impide, además, el desarrollo del transporte público por carretera.

Un efecto adverso de esta congestión del tráfico, como ya se ha señalado, es la degradación que experimenta la velocidad comercial del transporte público de personas que comparte viario con el coche.

En este documento se va a realizar por tanto, un estudio de movilidad motorizada de los desplazamientos de los viajeros habituales del municipio de Sevilla y de su corona metropolitana, en los periodos punta diarios, distinguiendo entre aquellos que se producen en modo privado de los que se realizan a través del sistema de Transporte Público que da servicio a los ciudadanos.

Para ello se generará un modelo digital de la red de carreteras y sobre ella, la red de Transporte Público, mediante el programa informático TransCAD, donde se ejecutarán sendas macro-simulaciones de la demanda de viaje de los usuarios

Los resultados de los movimientos públicos y privados que aporten estas macro-simulaciones serán comparados, pudiendo determinar así el grado de accesibilidad del Transporte Público en Sevilla mediante análisis macroscópicos de los desplazamientos.

RESUMEN	I
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
1 OBJETIVOS Y ANTECEDENTES	1
1.1. OBJETIVOS DEL DOCUMENTO	1
1.2. ANTECEDENTES	1
1.3. HERRAMIENTAS DE TRABAJO	1
2 LOCALIZACIÓN Y ANÁLISIS DEMOESTRUCTURAL	3
2.1. CAMPO DE APLICACIÓN	3
2.2. DIAGNOSTICO DEMOGRÁFICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAL	4
2.3. LAS ZONAS DEL TRANSPORTE	7
2.4. LA MATRIZ ORIGEN DESTINO	8
3 EL MODELO PRIVADO DE TRANSPORTE	11
3.1. INTRODUCCIÓN	11
3.2. DEFINICIÓN DE LA RED DE CARRETERAS	11
3.3. ASIGNACIÓN DE TRÁFICO	13
3.3.1. <i>Función de Demora</i>	13
3.3.2. <i>El método de asignación del tráfico (User Equilibrium)</i>	16
3.3.2.1. El Algoritmo de Frank Wolfe	16
3.4. RESULTADOS DE LA ASIGNACIÓN	17
3.4.1. <i>Los flujos totales de tráfico privado</i>	18
3.4.2. <i>La relación Volumen / Capacidad</i>	20
4 EL MODELO PÚBLICO DE TRANSPORTE	23
4.1. INTRODUCCIÓN	23
4.2. DEFINICIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE PUBLICO DE SEVILLA	23
4.2.1. <i>Red de Transporte Público Urbano TUSAM</i>	23
4.2.1.1. Transversales	25
4.2.1.2. Radiales Norte	25
4.2.1.3. Radiales Este	26
4.2.1.4. Radiales Sur	27
4.2.1.5. Radiales Oeste	28
4.2.1.6. Periféricas	28
4.2.1.7. De barrio	29
4.2.1.8. Circulares	29
4.2.1.9. Especiales	30
4.2.1.10. TRANVÍA	30
4.2.1.11. Nocturnas	30
4.2.2. <i>Red de Transporte Público Metropolitano</i>	32
4.2.2.1. Sistema Tarifario	33
4.2.3. <i>Red de Transporte Público de Cercanías</i>	35
4.2.3.1. Descripción de las Líneas de Cercanías	36
4.2.4. <i>Red de Transporte Público de Metro</i>	38
4.3. MODELIZACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE EN EL ENTORNO DE TRASNCA	40
4.3.1. <i>Aspectos generales del Modelo Público</i>	40
4.3.2. <i>La red viaria base del modelo Público</i>	40
4.3.3. <i>La red peatonal del Modelo Público</i>	42
4.3.3.1. El acceso peatonal al sistema ferroviario	43
4.3.4. <i>Digitalización de la oferta del Transporte Público</i>	44
4.3.4.1. Digitalización de las rutas del Transporte Público	44

4.3.4.2.	Digitalización de los paraderos del Transporte Público	49
4.3.4.3.	Vincular paradas a los nodos	50
4.3.5.	<i>Conectores: La unión entre los centroides y la red de Transporte Público</i>	51
4.3.6.	<i>Calibración del Modelo Público de Transporte</i>	54
4.3.6.1.	Calibración de la oferta de transporte público	54
4.3.6.2.	Calibración de de los parámetros de los usuarios	56
4.4.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR LA ASIGNACIÓN MACROSCÓPICA DE LA DEMANDA DE VIAJES EN TRANSPORTE PÚBLICO	57
4.4.1.	<i>La demanda de los distintos modos de transporte público frente a la población servida.</i>	58
4.4.2.	<i>El grado de ocupación de las líneas</i>	59
5	ANÁLISIS MACROSCÓPICO DE LA DEMANDA DE VIAJES PÚBLICA Y PRIVADA	61
6	ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD MACROSCÓPICO DEL MODO PÚBLICO FRENTE AL PRIVADO, LOS TIEMPOS DE VIAJE	65
6.1.	LOS TIEMPOS DE VIAJE DEL TRANSPORTE PRIVADO	65
6.2.	LOS TIEMPOS DE VIAJE DEL TRANSPORTE PÚBLICO	66
6.2.1.	<i>Tiempos parciales del Transporte Público</i>	67
6.3.	RELACIÓN ENTRE LOS TIEMPOS DE VIAJE PÚBLICO/PRIVADO	68
 ANEXO A: MANEJO DE LA HERRAMIENTA TRANSCAD		
1	MÉTODO DE ASIGNACIÓN DEL TRANSPORTE PRIVADO	75
1.1.	CREACIÓN DE LA RED DE CARRETERAS	75
1.1.1.	<i>Crear el archivo geográfico de red</i>	75
1.1.2.	<i>Crear los campos de la base de datos de la red vial</i>	75
1.1.3.	<i>Grabar el archivo "Red.dbd"</i>	76
1.1.4.	<i>Construir o actualizar la red vial</i>	77
1.1.5.	<i>Llenado de los atributos de la Red Vial</i>	79
1.1.6.	<i>Introducir y conectar los Centroides a la red</i>	81
1.2.	ASIGNACIÓN DE LA MATRIZ DE VIAJES	83
1.2.1.	<i>Creación de un Network</i>	83
1.2.2.	<i>configurar el algoritmo de asignación</i>	84
1.3.	RESULTADOS DE LA ASIGNACIÓN	87
1.3.1.	<i>Realizar un Join entre los arcos de la red y los resultados de la Asignación</i>	87
1.3.2.	<i>Análisis gráfico de los resultados de la Asignación</i>	88
1.3.3.	<i>Comparación de resultados de diferentes escenarios</i>	89
2	MÉTODO DE ASIGNACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO	91
2.1.	GENERACIÓN DE MODELO DE TRANSPORTE PÚBLICO	92
2.1.1.	<i>Construir la Red de Rutas</i>	92
2.1.1.1.	Conocer el significado de cada elemento a utilizar	92
2.1.1.2.	Identificar o crear una capa de línea sobre la cual se creará el sistema de rutas	92
2.1.1.3.	Identificar o crear los "Non-Transit links" de la red	93
2.1.1.4.	Crear las Zonas de Análisis de Transporte	94
2.1.1.5.	Crear los campos de la base de datos del modelo de las ZT	95
2.1.1.6.	Georreferenciación de imágenes y mapas	96
2.1.1.7.	Crear un archivo de sistema de rutas en blanco	97
2.1.1.8.	Crear un Network	98
2.1.1.9.	Crear el sistema de rutas	99
2.1.2.	<i>Digitalizar las Paradas de Ruta, "Route Stops"</i>	101
2.1.2.1.	Vincular paradas a los nodos de la "Line Layer"	102
2.1.3.	<i>Introducir los parámetros y atributos que caracterizan la red de Transporte Público</i>	104
2.1.3.1.	Route System Table	104
2.1.3.2.	Mode Table	104
2.1.3.3.	Mode transfer Table	106

2.1.3.4. El sistema tarifario.....	106
2.2. CREACIÓN DEL "TRANSIT NETWORK"	107
2.2.1. Actualizar la "Transit Network"	109
2.3. MÉTODOS DE ELECCIÓN Y ASIGNACIÓN DE VIAJES:.....	110
2.3.1. The Shortest Path Method:	110
2.3.2. The Method of Optimal Strategies (EMME/2 Style Method):	110
2.3.3. The Pathfinder Method:.....	110
2.4. CONFIGURACIÓN DEL "PATHFINDER METHOD"	111
2.4.1. Tratamiento de los niveles de información.....	112
2.4.2. Los tipos de usuarios	112
2.4.3. Ajustes Generales	113
2.4.4. Ajustes de los tipos de Modos.....	114
2.4.5. Ajuste del sistema tarifario	115
2.4.6. Ajuste de los tiempos característicos del Transporte Público y del viajero.....	116
2.4.7. Ajuste de los pesos de las variables de tiempo para el cálculo del coste del viaje	117
2.4.8. La función de costes	118
2.5. ASIGNACIÓN DE LA MATRIZ DE VIAJES	120
2.6. RESULTADOS DE LA ASIGNACIÓN	122
2.6.1. Flow Table.*TASN_FLW.bin	122
2.6.2. Walk Flow Table.*TASN_WFL.bin	123
2.6.3. Aggregate Ridership Table.*TASN_AGG.bin	123
2.6.4. On off Table *TASN_ONO.bin.....	124
2.6.5. Access Stop Table *TASN_AcStops.bin.....	124
2.6.6. Egress Stop Table *TASN_EgStops.bin	124
2.7. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA ASIGNACIÓN	126
2.7.1. Crear de mapas y diagramas de flujo de pasajeros:	126
2.7.2. Representar sobre los nodos de la red el numero de subidas/bajadas de cada parada.	127
2.7.3. Llenar un campo de la Red Base con atributos de las rutas, cálculo del impacto de los vehículos del Transporte Público sobre el tráfico total.	128
2.7.4. Evaluar el número de subidas/bajadas por ruta.....	129
2.7.5. Análisis de accesibilidad entre las zonas de atracción de viajes, el "Skimming"	130

ANEXO B: PLANOS DE LÍNEAS

1 PLANOS DE LÍNEAS URBANAS DE SEVILLA (TUSSAM)	135
2 PLANOS DE LÍNEAS METROPOLITANAS DEL CONSORCIO	141
3 PLANOS DE LÍNEAS DE CERCANÍAS RENFE	149
4 PLANOS DE LÍNEAS DE METRO	153
5 PLANOS DE LÍNEAS DE TRANVÍA	155

REFERENCIAS

Índice de Figuras

Figura 2.1. Mapas de los sistemas de transporte que dan servicio en al área de estudio.....	3
Figura 2.2. Área de estudio.....	4
Figura 2.3. Detalle distribución de la población y núcleos urbanos	5
Figura 2.4. Zonas de Análisis del Transporte, ámbito municipal de Sevilla.....	8
Figura 2.5. Detalle ZATs, ámbito Nervión Plaza	8
Figura 2.6. Comparación del IMD en principales arterias del municipio de Sevilla (2007 y 2015).....	9
Figura 2.7. Gráfico de la evolución de las IMDs de las principales arterias del municipio de Sevilla	9
Figura 3.1. Detalle de la digitalización de la red (enlace SE30 a A49).....	12
Figura 3.2. Detalle de la digitalización de la red (enlace SE30 a A4y NIV)	12
Figura 3.3. Detalle de la digitalización de la red (Número de carriles) Fuente: Elaboración Propia (TransCAD) ...	12
Figura 3.4. Detalle de la digitalización de la red (Capacidad carril)	13
Figura 3.5. Detalle de la digitalización de la red, (Velocidad de diseño de la vía).....	13
Figura 3.6. Vías de estudio del BPR	14
Figura 3.7. Gráfica BPR (V. Centenario).....	15
Figura 3.8. Gráfica BPR (Puente del Alamillo).....	15
Figura 3.9. Gráfica BPR (Av. de la Paz).....	15
Figura 3.10. Gráfica BPR (Autovía de Andalucía).....	15
Figura 3.11. Reporte de la asignación.....	18
Figura 3.12. Mapa de color, flujo de vehículos privados en hora punta (7:30-9:30).....	19
Figura 3.13. Flujos poblacionales desde núcleos metropolitanos hacia el municipio de Sevilla	20
Figura 3.14. Detalle de los flujos de transporte privado, Zona Norte (Izq.) Zona Centro (Dcha.).....	20
Figura 3.15. Detalle de los flujos de transporte privado, Conexión Aljarafe (Izq.) Conexión Dos Hermanas y A420	
Figura 3.16. Mapa de color, Volumen/Capacidad	21
Figura 3.17. Detalle Efecto Conector, Calle Feria	22
Figura 4.1. Red de autobuses urbanos TUSAM	23
Figura 4.2. Paradas líneas autobuses TUSAM	24
Figura 4.3. Red de autobuses metropolitanos de Sevilla	32
Figura 4.4. Red de carriles Bici de Sevilla	33
Figura 4.5. Mapa de zonificación tarifaria autobuses metropolitanos	34
Figura 4.6. Red de Transporte Público de Cercanías.....	35
Figura 4.7. Características técnicas de las líneas de Cercanías	35
Figura 4.8. Mapa de zonificación tarifaria Cercanías	36
Figura 4.9. Tarifación Cercanías	36
Figura 4.10. Red de Transporte Público de Metro L1	38
Figura 4.11. Zonificación tarifaria de la Línea 1 de Metro.....	39
Figura 4.12. Estructura de la red pública, Plataforma reservada BUS BICI.....	41
Figura 4.13. Estructura de la red pública, Carriles exclusivos autobús, Puente del Cachorro	41
Figura 4.14. Estructura de la red pública, Carriles exclusivos autobús, anillo distrito centro	42
Figura 4.15. Estructura de la red pública, red de ferrocarriles	42
Figura 4.16. Detalle de la red peatonal del grafo.....	43
Figura 4.17. Detalle Conexión entre la Red Pública y las Líneas de ferrocarriles, República Argentina (Izq.), San Bernardo (Dcha.).....	44
Figura 4.18. Explicación Tag Stops to a Node.....	51
Figura 4.19. Detalle repercusión del efecto conector sobre la velocidad del tráfico. Zona Casco Antiguo.....	52
Figura 4.20. Detalle configuración de los conectores del sistema público de transporte, inmediaciones Av. Eduardo Dato	53
Figura 5.1. Distribución de las macro-zonas del área de estudio	61
Figura 6.1. Tiempos modo privado en flujo libre entre las macro-zonas	66
Figura 6.2. Tiempos modo privado (HPM)	66
Figura 6.3. Incrementos de los tiempos de viaje del modo privado producidos por la congestión en HPM	66
Figura 6.4. Tiempos de viaje del modo público entre macrozonas (HPM).....	67
Figura 6.5. Tiempos de viaje parciales del modo público entre macrozonas	67

Índice de tablas

<i>Tabla 2.1. Población por municipios (2015, 2014, 2013)</i>	6
<i>Tabla 2.2. Aforos de arterias principales del municipio de Sevilla. Histórico 2006-2015</i>	9
<i>Tabla 4.1. Características de la flota de TUSAM</i>	24
<i>Tabla 4.2. Tarifas de autobuses urbanos TUSAM</i>	25
<i>Tabla 4.3. Estructura de los carriles bici de Sevilla</i>	33
<i>Tabla 4.4. Tarificación autobuses metropolitanos</i>	34
<i>Tabla 4.5. Tarificación Línea 1 de Metro</i>	39
<i>Tabla 4.6. Parámetros que caracterizan el Sistema de Rutas</i>	45
<i>Tabla 4.7. Detalle digitalización del Sistema de Rutas, Distrito Casco Antiguo</i>	45
<i>Tabla 4.8. Resumen de la digitalización de las rutas</i>	46
<i>Tabla 4.9. Líneas no operativas en horario de 7:30 a 9:30</i>	46
<i>Tabla 4.10. Digitalización de las Paradas ("Route Stops")</i>	50
<i>Tabla 4.11. Atributos de la capa de paradas de ruta ("Route Stops")</i>	50
<i>Tabla 4.12. Tiempos característicos del modelo público de transporte.</i>	55
<i>Tabla 4.13. Tiempos característicos del modelo público de transporte II</i>	56
<i>Tabla 4.14. Pesos de los tiempos característicos del modelo de transporte público</i>	56
<i>Tabla 4.15. Mapa del flujo de usuarios del transporte público en Hora Punta</i>	57
<i>Tabla 4.16. Buffers sobre malla poblacional de los distintos sistemas de transporte</i>	58
<i>Tabla 4.17. Población servida por cada uno de los sistemas de transporte público de Sevilla</i>	59
<i>Tabla 4.18. Reparto de usuarios por tipo de transporte Fuente:</i>	59
<i>Tabla 4.19. Capacidad de los vehículos de los distintos sistemas de transporte</i>	60
<i>Tabla 4.20. Volumen de ocupación de las principales líneas de la ciudad</i>	60
<i>Tabla 4.21. Volumen de ocupación de líneas residuales</i>	60
<i>Tabla 5.1. Municipios de cada macro-zona</i>	62
<i>Tabla 5.2. Reparto modal de viajes</i>	63
<i>Tabla 5.3. Demanda de viajes en modo privado entre macro-zonas</i>	63
<i>Tabla 5.4. Demanda de viajes en modo público entre macro-zonas</i>	63
<i>Tabla 5.5. Reparto modal de la demanda de viajes</i>	64
<i>Tabla 6.1. Figura 5.1. Distribución de las macro-zonas del área de estudio</i>	65
<i>Tabla 6.2. Relación entre los tiempos del modo público frente al privado</i>	68
<i>Tabla 1.1. Parámetros configurables para crear los conectores Centroide-Red</i>	82
<i>Tabla 2.1. Campos de la tabla de Modos de Transporte.</i>	105
<i>Tabla 2.2. Campos de la tabla de Transbordos.</i>	106
<i>Tabla 2.3. Aspectos configurables del "Pathfinder".</i>	111
<i>Tabla 2.4. Cuadro de diálogo, Configuración del sistema de Transporte, ajustes generales.</i>	112
<i>Tabla 2.5. Cuadro de diálogo, Configuración del sistema de Transporte, tipos de usuario.</i>	113
<i>Tabla 2.6. II Cuadro de diálogo, Configuración del sistema de Transporte, ajustes generales II.</i>	113
<i>Tabla 2.7. Variables generales del modelo de Transporte.</i>	114
<i>Tabla 2.8. Variables de los modos de Transporte.</i>	115
<i>Tabla 2.9. Cuadro de diálogo, Configuración del sistema de Transporte, ajustes del sistema tarifario.</i>	116
<i>Tabla 2.10. Variables del sistema tarifario.</i>	116
<i>Tabla 2.11. Definición de los factores asociados a los pesos.</i>	118
<i>Tabla 2.12. Descripción de los datos de la tabla de Flujos.</i>	122
<i>Tabla 2.13. Descripción de los datos de la tabla de Flujos Peatonales.</i>	123
<i>Tabla 2.14. Descripción de los datos de la tabla de Flujos.</i>	123
<i>Tabla 2.15. Descripción de los datos de la tabla de subidas/pajadas por parada.</i>	124
<i>Tabla 2.16. Descripción de los datos de los movimientos de acceso al TP.</i>	124
<i>Tabla 2.17. Descripción de los datos de los movimientos de salida del TP.</i>	125

1 OBJETIVOS Y ANTECEDENTES

1.1. OBJETIVOS DEL DOCUMENTO

El objetivo de este documento y proyecto final de grado es el estudio de accesibilidad del Transporte Público de la provincia de Sevilla, basándose en el estado actual de dicha red de Transporte. Este objetivo se lleva a cabo a través de la herramienta informática TrasnCAD, la cual reúne las competencias necesarias para realizar el estudio.

Se generará por tanto la red de Transporte Público de Sevilla sobre la red de carreteras; esta red de carreteras se jerarquizará previamente, haciendo una modelización detallada y otorgándole los factores que caracterizan el tráfico sobre la red.

A partir de la red de carreteras y el sistema de transporte público generado se llevarán a cabo sendas asignaciones para la demanda de viajes pública y privada. Los datos que aporten dichas asignaciones serán objetivo de este estudio.

1.2. ANTECEDENTES

Este trabajo se enmarca en una de las líneas de investigación del Grupo de Ingeniería e Infraestructuras de los Transportes, del departamento de Ingeniería y Ciencias de los Materiales y del Transporte de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla

A la hora de diseñar y explotar un sistema de Transporte Público se presentan una serie de dificultades al determinar los objetivos, la tendencia de la demanda y las posibilidades de financiación.

El objetivo principal de este tipo de Transporte debe ser el de cubrir las necesidades de movilidad de la población afectada bajo los criterios de justicia social y eficiencia. Sin embargo, la realidad es que este tipo de servicios, en la mayoría de los casos, se ven sometidos a intereses políticos y electorales.

Cuando se habla de planificación de la oferta de una empresa de Transportes lo que se tiene en mente es la elaboración de los horarios de las líneas, es decir, las horas de paso de los distintos autobuses por los distintos puntos de control predefinidos, paradas. Sin embargo, previo a este proceso y como dato de entrada del mismo hay que definir el nivel de oferta de cada línea, que vendrá dado, con carácter general, por las frecuencias de paso de cada periodo horario y sentido de la marcha

1.3. HERRAMIENTAS DE TRABAJO

Un proyecto de esta envergadura necesita de importantes bases de datos, información y de programas de primer nivel internacional. Las fuentes de información sobre las que se han realizado el presente estudio han sido facilitadas por el Grupo de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes de la ETSI, así como de organismos Públicos y portales de datos abiertos de la Junta de Andalucía.

Este trabajo ha sido generado a partir de una aplicación informática de macro simulación, TrasnCAD, el cual es un sistema de información geográfica (SIG) diseñado especialmente para profesionales de Transporte con el objeto de almacenar, mostrar, y analizar datos de Transporte. Este software ha permitido la gestión, actualización y modificación de la red de Transporte de Sevilla, así como la creación de un modelo digital del sistema de transporte público que opera en la provincia de Sevilla.

Se ha partido de los siguientes datos y parámetros:

- La encuesta domiciliaria de movilidad de 2007, EDM 2007, con alto grado de detalle y la cual contiene de encuestados con diversos campos (zona de inicio de viaje, zona de destino, horas, medio de Transporte, motivo, y situación familiar y personal).
- Ortofotos y mapas SIG (Sistema de Información Geográfica).
- Aforos de las principales autopistas, autovías y grandes avenidas de la ciudad de Sevilla, facilitadas por la web de la Dirección General de Tráfico (DGT)
- La red de Sevilla de 2007 (posteriormente actualizada a 2016, incluyendo las vías y calles que han cambiado sentido, se han peatonalizado o viarios de nueva construcción)
- Archivos en formato Shape con capas cartográficas con centroides, zonificaciones, ríos, parques y polígonos para la mejor visualización de los planos de TrasnCAD.
- Mapas de las diferentes redes que forman el Transporte Público de Sevilla, TUSAM, Autobuses Interurbanos, Cercanías (RENFE), Metro y Metro-centro, posteriormente digitalizados en el entorno de TrasnCAD
- Archivo en formato Shape que reúne todas las paradas georreferenciadas que dispone la red de Transporte Público de TUSAM

2 LOCALIZACIÓN Y ANÁLISIS DEMOESTRUCTURAL

2.1. CAMPO DE APLICACIÓN

Aunque la filosofía de este estudio es válida, en general, para cualquier tipo de Transporte Público, este proyecto está orientado principalmente al análisis del Transporte Público de Viajeros de la provincia de Sevilla. El límite territorial de este estudio se impone en el ámbito de operación de los Autobuses Metropolitanos del Consorcio de Transporte, quedando fuera de él las concesiones a empresas privadas que intervienen en los municipios más periféricos de la provincia.

Los Sistemas de Transporte Público que dan cobertura a la población Sevillana y que se describirán en el capítulo 5 de este documento son:

- Cercanías (RENFE)
- Metro de Sevilla
- Red de Transporte Público Metropolitano
- Red de Transporte Público Interurbano (TUSSAM)
- Tranvía de Sevilla (TUSSAM)

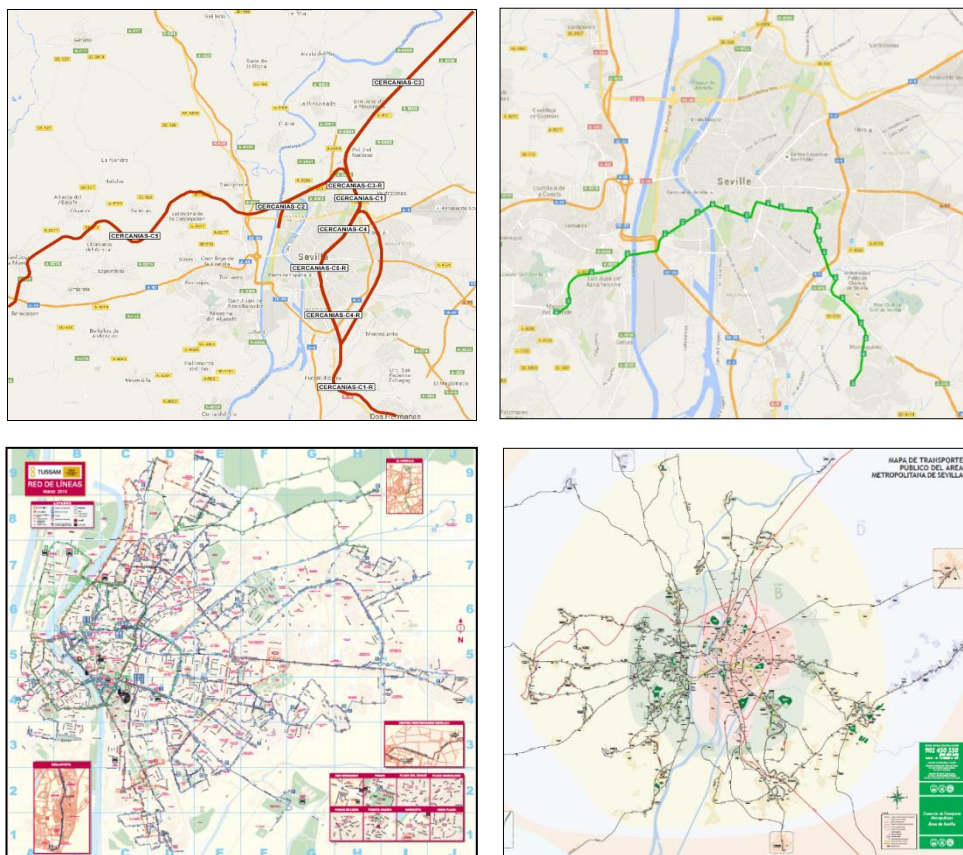


Figura 2.1. Mapas de los sistemas de transporte que dan servicio en el área de estudio

2.2. DIAGNOSTICO DEMOGRÁFICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAL

El ámbito de estudio está conformado por el municipio de Sevilla y otros 46 municipios que forman su corona metropolitana, reuniendo un total de 1.538.625 habitantes (Instituto Nacional de Estadística, año 2015), lo que representa el 79,2% de la población total de la provincia (1.943.594 habitantes)

Especialmente, la población metropolitana se concentra en el municipio de Sevilla, con 693.878 habitantes, lo que representa el 45,1% del total, correspondiendo el resto, casi 845.000 habitantes, a la corona metropolitana.

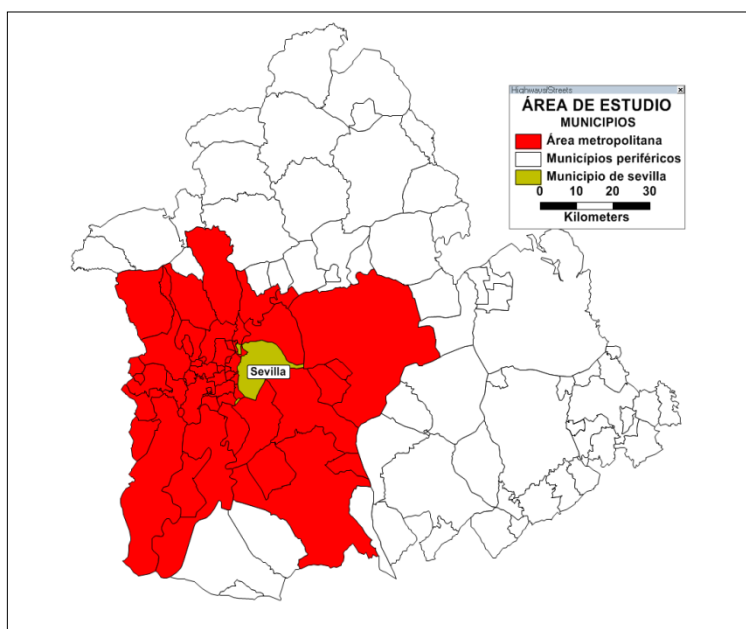


Figura 2.2. Área de estudio
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

La distribución de la población en la corona metropolitana, muestra una clara jerarquización y articulación espacial. El municipio con mayor población del área es Dos Hermanas con 131.000 habitantes, siendo el segundo municipio Alcalá de Guadaira con 75.000 habitantes (año 2015)

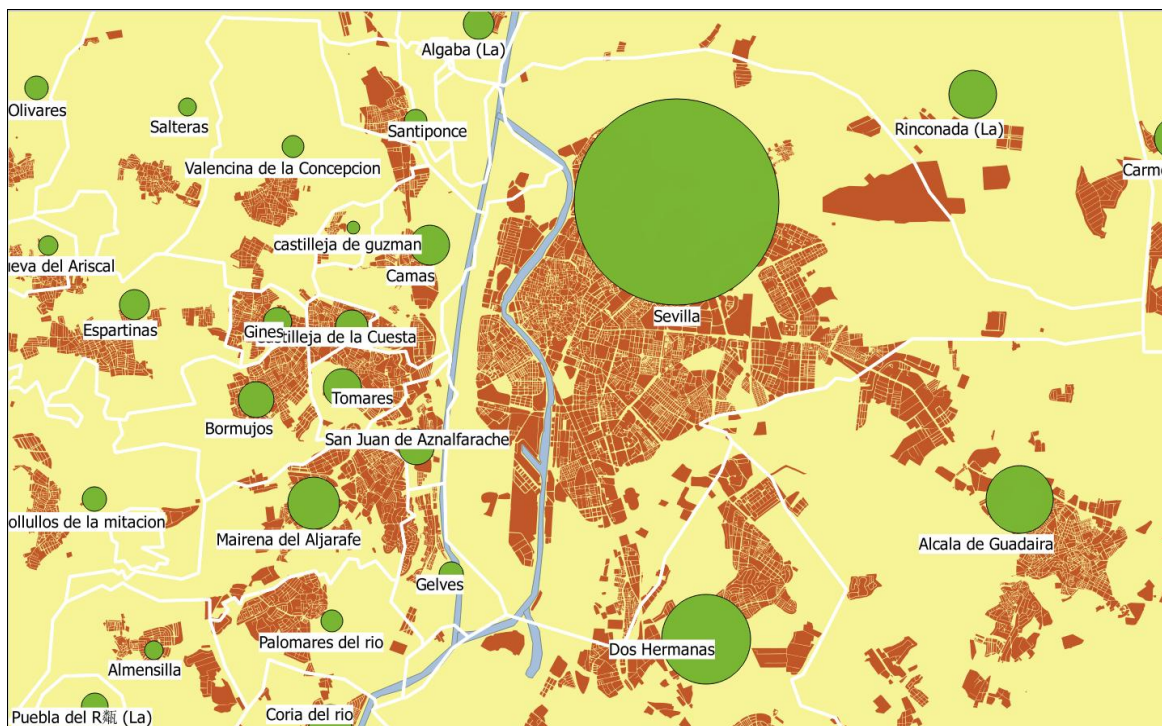


Figura 2.3. Detalle distribución de la población y núcleos urbanos
Fuente: Elaboración Propia (Qgis)

La evolución de la distribución espacial del Área de Sevilla se parece bastante a otras Áreas Metropolitanas españolas, y se caracteriza, al menos hasta épocas recientes, por dos elementos clave.

Estancamiento, cuando no la regresión poblacional de la ciudad central, y el aumento de población de la corona metropolitana, mediante procesos de urbanización residencial ligados inicialmente a la búsqueda de suelo más barato y, en una segunda fase, a la búsqueda de una mejor calidad de la vivienda y del entorno.

Así, la ciudad de Sevilla tenía en el año 1970 548.800 habitantes y representaba el 72% de la población total del área. En 1992 aún crece hasta los 704.800 habitantes, pero desciende ya al 67,5% su participación en la población del área. Desde entonces, la población permanece estacionaria, o con ligeros descensos, entre 1991 y 2001; en 2004 repunta ligeramente, alcanzando la población de 1991, pero perdiendo aún dos puntos más en su participación en el conjunto poblacional metropolitano. Esta evolución de la población de Sevilla es el resultado de un proceso de crecimiento del ámbito metropolitano caracterizado por la “expulsión” de población de la ciudad central, debido a causas diferentes y con distinta intensidad, según el período de conformación.

POBLACIÓN POR MUNICIPIOS							
Municipios Ámbito		Año		Municipios Ámbito		Año	
metropolitano	2015	2014	2013	metropolitano	2015	2014	2013
Albaida del Aljarafe	3.110	3.089	3.084	Guillena	12.506	12.464	12.328
Alcalá de Guadaira	74.845	74.404	73.876	Isla Mayor	5.938	5.930	5.948
Alcalá del Río	11.745	11.690	11.620	Mairena del Alcor	22.749	22.447	22.328
Algaba (La)	16.279	16.105	16.029	Mairena del Aljarafe	44.388	43.723	43.305
Almensilla	5.861	5.816	5.814	Molares (Los)	3.467	3.508	3.522
Aznalcázar	4.469	4.349	4.257	Olivares	9.522	9.564	9.568
Aznalcóllar	6.168	6.144	6.200	Palacios y Villafranca (Los)	38.157	38.095	37.936
Benacazón	7.163	7.214	7.144	Palomares del Río	8.211	8.022	7.839
Bollullos de la Mitación	10.199	10.031	9.882	Pilas	13.987	14.014	14.058
Bormujos	21.362	20.947	20.681	Puebla del Río (La)	12.114	12.190	12.207
Brenes	12.697	12.696	12.897	Rinconada (La)	38.180	38.021	37.755
Camas	26.861	26.665	26.535	Salteras	5.492	5.468	5.449
Carmona	28.656	28.717	28.793	San Juan de Aznalfarache	21.390	21.576	21.801
Carrión de los Céspedes	2.563	2.551	2.524	Sanlúcar la Mayor	13.451	13.466	13.498
Castilleja de Guzmán	2.855	2.871	2.858	Santiponce	8.453	8.439	8.382
Castilleja de la Cuesta	17.459	17.536	17.474	Sevilla	693.878	696.676	700.169
Castilleja del Campo	622	643	650	Tomares	24.743	24.501	24.346
Coria del Río	30.358	30.208	30.115	Umbrete	8.606	8.608	8.512
Dos Hermanas	131.317	130.369	129.719	Utrera	52.558	52.437	52.013
Espartinas	14.909	14.723	14.485	Valencina de la Concepción	7.948	7.930	7.986
Gelves	9.838	9.688	9.591	Villamanrique de la Condesa	4.503	4.406	4.359
Gerena	7.404	7.309	7.207	Villanueva del Ariscal	6.395	6.324	6.244
Gilena	3.861	3.867	3.897	Viso del Alcor (El)	19.149	19.119	19.099
Gines	13.309	13.299	13.299				
Población Total Ámbito Metropolitano (año 2015):				1.539.695 hab.(79,31%)			
Total Provincia de Sevilla (año 2015):				1.941.480 hab.			

Tabla 2.1.Población por municipios (2015, 2014, 2013)
Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Este proceso de ocupación residencial extensiva de territorios metropolitanos cada vez más alejados del centro es favorecido por la accesibilidad conferida al territorio por las actuaciones de ampliación de la red viaria de servicio metropolitano. Las actuaciones ligadas a la EXPO'92 suponen una ampliación de capacidad importante del viario básico metropolitano de distribución (SE-30), del viario de Sevilla, y de los corredores del Aljarafe, Sur y Este.

Posteriormente se han aumentado la capacidad viaria con otras autovías en Ribera Norte (N-630), A-376, variante de A-4 en Bellavista, etc. Este proceso de desarrollo residencial del Área ha modificado sustancialmente la distribución de la población en la corona. Así, durante este periodo, desde 1981 a 2004, el Aljarafe Sur ha pasado de acoger el 9% de la población de la corona metropolitana al 18%, mientras que el Aljarafe Norte ha pasado del 8,7% al 11,1%. Así el ámbito total del Aljarafe pasa a reunir casi un 30% de la población metropolitana.

El área Sur (Dos Hermanas) aumenta también de forma significativa su población y su participación en el conjunto de la corona metropolitana, pasando del 21% al 25%. En el extremo opuesto, algunos sectores metropolitanos han visto descender su participación en el total de la población metropolitana de forma muy significativa, como Alcalá de Guadaira, o la Ribera Sur,

En resumen, el proceso de suburbanización residencial del Área de Sevilla presenta dos procesos claramente diferenciados:

- Hasta los años 80, los incrementos de población se ligan a las principales ciudades del Área, en relación, en parte, a la localización de la actividad industrial y en los municipios más próximos a Sevilla -sobre todo en el entorno del río- buscando suelos más baratos y con un proceso de uso intensivo del suelo.
- Desde los años 80 se ha intensificado el proceso de urbanización residencial extensiva (viviendas unifamiliares) con ocupación de los espacios de mayor calidad ambiental, ajenos a menudo a los

niveles urbanos preexistentes, en un proceso favorecido por la accesibilidad conferida por el aumento del viario metropolitano de gran capacidad.

Este proceso de crecimiento poblacional en el entorno metropolitano llega a su fin en 2007 con el estallido de la crisis económica que azotó Europa y tuvo gran repercusión en España. Las consecuencias de la crisis económica y financiera sobre la distribución y niveles del tráfico se verán con más detalle en el apartado 3.3 de este capítulo.

2.3. LAS ZONAS DEL TRANSPORTE

La ciudad de Sevilla y su corona metropolitana se divide en 271 zonas de Transporte.

La metodología para cualquier estudio de las demandas de movilidad consiste, inicialmente, en construir la zonificación de áreas relativamente homogéneas llamadas, Zonas de Análisis de Transporte-ZATs

La zonificación en la que se basa este estudio corresponde a la existente para el estudio de movilidad de Sevilla (EDM 2007). La ciudad se divide en: el municipio de Sevilla con 182 zonas y 89 zonas correspondientes al resto de municipios de la corona metropolitana de Sevilla.

Cada viaje registrado en la EDM 2007 se clasifica atendiendo al modo de Transporte, la hora del viaje, y las zonas Origen - Destino. El número total de viajes observados entre cada pareja Orígenes-Destino se recopila en formato matricial, la matriz T_{ij} .

Cada origen y destino está asociado a una Zona de Análisis del Transporte. El número estas divisiones o ZATs del área de estudio es 271, esto implica que la matriz general de viajes será de dimensiones $N \times N$.

Cada zona tendrá un centroide, es decir un punto en el centro de donde partirán todos los viajes generados de esa zona y el cual será destino de todos los viajes atraídos por la zona.

Entonces, cuanto más detallada sea la subdivisión del territorio en zonas de Transporte más exacta será luego la macro simulación del tráfico y más realistas los tiempos de viajes resultantes de ella.

Este hecho se debe a que el viaje puede haberse iniciado en cualquier parte de la zona a la que corresponda, no necesariamente coincidiendo con el centroide, de donde salen o llegan todos los viajes del modelo.

Como los viajes se realizan con origen y destino en los centroides, estos deben estar necesariamente conectados con la red de nuestro modelo. Esta función se realiza mediante la generación de unos arcos llamados conectores. Estos arcos no representan una determinada carretera, si no la agrupación de todas aquellas que llegan a salen del centroide del ZAT.

La necesidad de crear estos conectores se debe a la hipótesis de los modelos de macro simulación de concentración de todos los Orígenes-Destinos de viajes reales de cada ZAT (los hogares, trabajos,..., de cada viajero) en un único punto ficticio llamado centroide. El nivel de detalle de la red macroscópica no llega a discretizar los viarios más urbanos de conexión de los Orígenes-Destinos individuales.

Por lo descrito anteriormente, hay que tener en cuenta que los datos de flujos y tiempos que nos devuelve la macro simulación difieren de la situación real en las zonas más próximas a los conectores y son más veraces en las zonas más alejadas, el motivo de esta disparidad se explicara en capítulos posteriores.



Figura 2.4. Zonas de Análisis del Transporte, ámbito municipal de Sevilla
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)



Figura 2.5. Detalle ZATs, ámbito Nervión Plaza
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

Las condiciones fundamentales para la creación de las ZATs son:

- i. **Compatibilidad de los distritos censales:** Todo ZAT corresponde a una agregación de distritos censales, sin que ninguno de estos se encuentre asociado a más de una zonificación.
- ii. **Compatibilidad del parcelario urbanístico del municipio.**
- iii. **Compatibilidad con el viario urbano del modelo.**

2.4. LA MATRIZ ORIGEN DESTINO

Este estudio ha sido realizado en base a la encuesta domiciliaria de movilidad de 2007 (EDM 2007), al no disponer de datos reales más recientes.

Sin embargo, haciendo un estudio comparativo de las intensidades en algunas de las arterias principales de la ciudad entre 2006 y 2015 (Av. De la Palmera, Calle Dr. Fedriani, Ronda Norte, Puente de las Delicias, Av. Ramón y Cajal, Av. De Torneo) mediante la comparación de los datos históricos que publica la DGT, se obtiene que ha habido un descenso progresivo de las intensidades de tráfico en los últimos años.

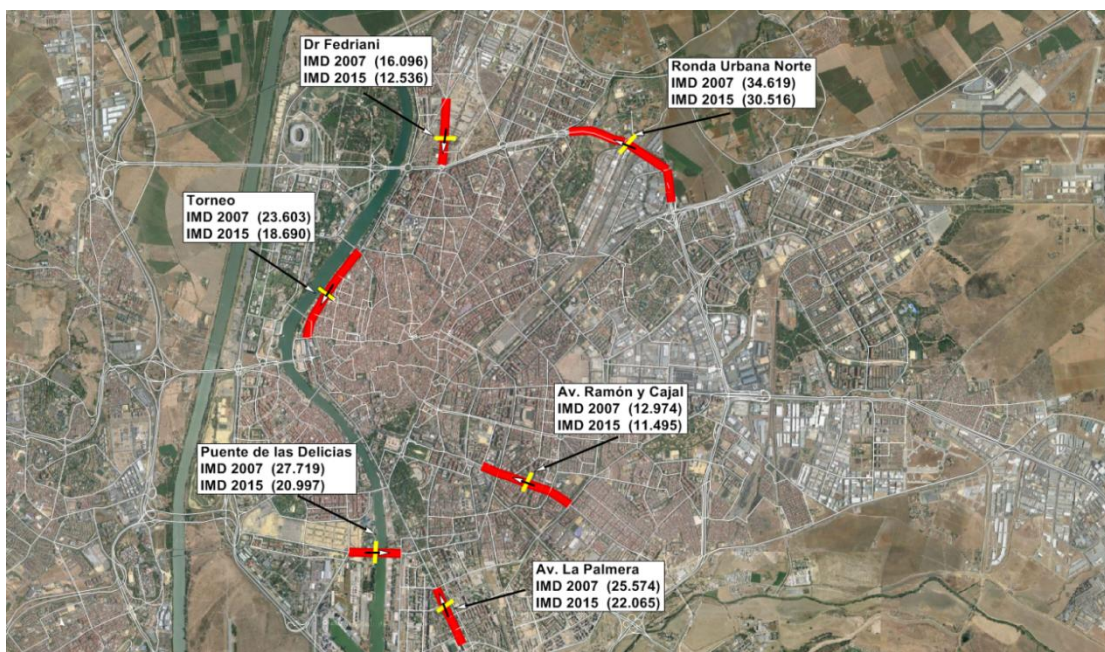


Figura 2.6. Comparación del IMD en principales arterias del municipio de Sevilla (2007 y 2015)

Fuente: Elaboración Propia (TransCAD), Datos: Sevilla.org

Vía / año	Aforo de vehículos por sección y día									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Palmera	25.131	25.574	23.989	23.060	22.333	22.394	22.438	22.141	22.104	22.065
Fedriani	17.514	16.096	15.946	13.893	13.328	12.690	12.499	12.590	12.516	12.536
Puente Delicias	28.373	27.719	26.760	26.291	24.500	22.021	21.138	20.983	20.875	20.997
Ronda Norte	32.217	34.619	32.352	32.229	31.152	30.896	31.431	30.289	30.048	30.516
Ramón y Cajal	13.195	12.974	12.481	12.285	11.968	11.890	11.886	11.564	11.496	11.495
Torneo	21.214	23.603	22.995	20.871	20.663	20.237	19.774	19.370	18.825	18.690

Tabla 2.2. Aforos de arterias principales del municipio de Sevilla. Histórico 2006-2015

Fuente: Sevilla.org

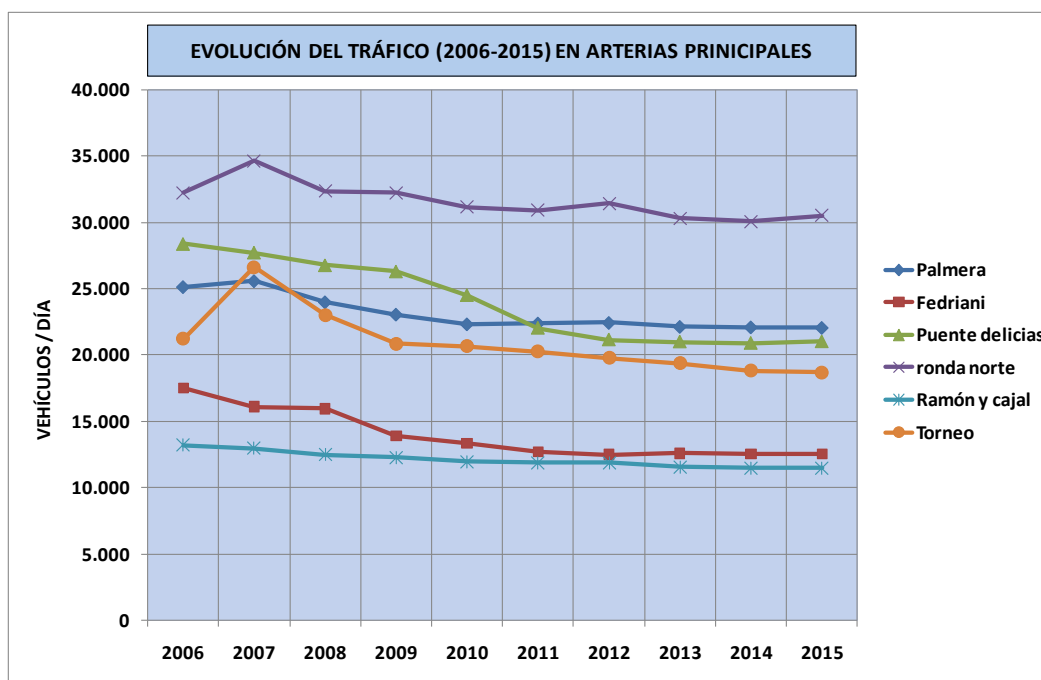


Figura 2.7. Gráfico de la evolución de las IMDs de las principales arterias del municipio de Sevilla

Fuente: Sevilla.org

De los datos anteriores se llega a la conclusión de que el descenso de la intensidad comienza a finales de 2007 llegando a alcanzar mínimos para este rango en 2015. Este descenso progresivo del tráfico se debe fundamentalmente a la crisis económica y financiera que azotó Europa y tuvo fuertes repercusiones en España.

Por tanto, los datos de movilidad de 2007 tendrán validez en el marco actual, es más, los cálculos que se extraigan en este estudio mediante la utilización de dichos datos de movilidad serán más que conservadores debido al descenso del tráfico entre 2007 y la actualidad.

3 EL MODELO PRIVADO DE TRANSPORTE

3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se exponen tanto las herramientas de análisis como los factores de diseño que posibilitan realizar una correcta asignación del medio privado en nuestra red.

3.2. DEFINICIÓN DE LA RED DE CARRETERAS

La red de carreteras con la que se trabaja está formada por arcos georreferenciados, un arco o un conjunto de ellos formarán las carreteras que componen la red. Se encuentra almacenada en formato *.dbf, un formato de archivos geográficos editables propio de TRASNCAD. Estos arcos tienen características geométricas y atributos reales, es decir, un arco o conjunto de arcos que definan una carretera tendrán la longitud y trayectoria de dicha carretera y además unos atributos como velocidad de circulación, número de carriles o capacidad entre otros.

Los campos fundamentales en el proceso de asignación que definirán la red son:

- **Capacidad:** La capacidad de un punto o tramo uniforme de vía se define como el máximo número de vehículos que pueden circular, en condiciones normales. Es la máxima intensidad que puede albergar una vía sin colapsarse. La capacidad depende de las propias características de la vía (geometría, número de carriles y estado del pavimento) y de la composición del tráfico. También han de tenerse en cuenta factores como las regulaciones (semafóricas, cruces peatonales) limitaciones de velocidad y prohibiciones de adelantamiento, así como las condiciones meteorológicas y factores de uso como el estacionamiento en doble fila.
- **Coefficientes de calibración α y β :** Caracterizan el tipo de flujo de la vía y como varía este en función de la intensidad que circule en un instante determinado, son explicados más adelante en este capítulo.
- **Tiempo de recorrido del arco en flujo libre.**

Los campos de **Capacidad** y **Tiempos** se obtienen a partir de otras características de la vía .

$$Capacidad = N^{\circ} Carriles * Factor de regularización * Cap. Carril$$

$$Tiemp de reccorrido = \frac{Longitud del arco}{Velociad de flujo libre}$$

Por tanto los parámetros básicos que caracterizarán nuestra red son:

- Número de carriles.
- Capacidad por carril.
- Factor de regularización.
- Velocidad en flujo libre.
- Coeficientes de calibración α y β .

A continuación se presentan diferentes imágenes que muestran el nivel de detalle de la red, así como mapas de color de alguno de los parámetros que caracterizan la red.



Figura 3.1. Detalle de la digitalización de la red (enlace SE30 a A49)
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

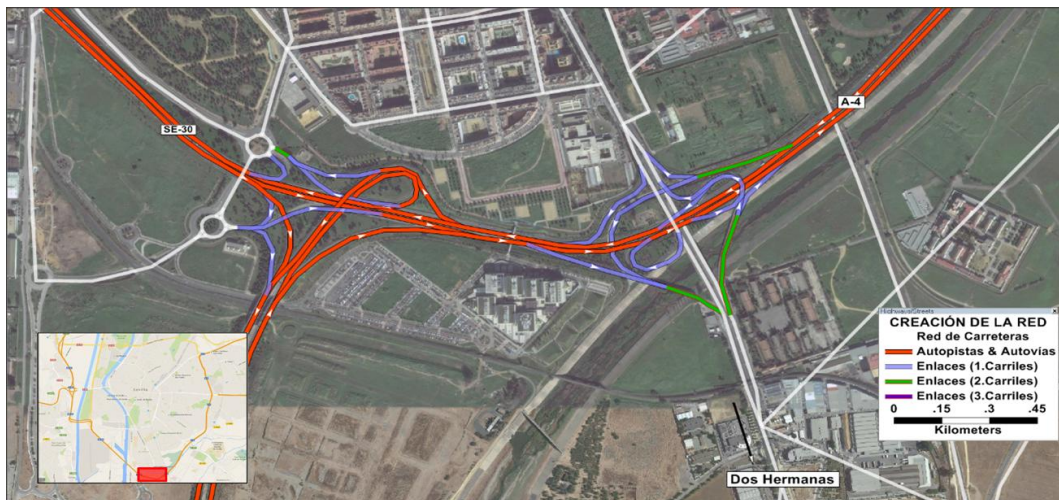


Figura 3.2. Detalle de la digitalización de la red (enlace SE30 a A4y NIV)
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

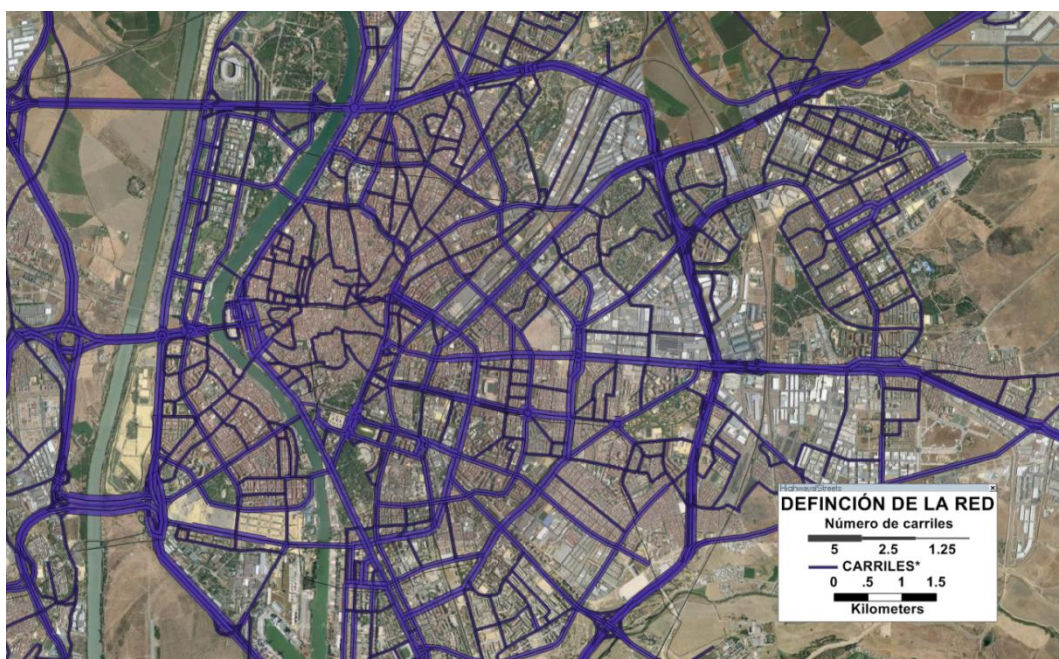


Figura 3.3Detalle de la digitalización de la red (Número de carriles) Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

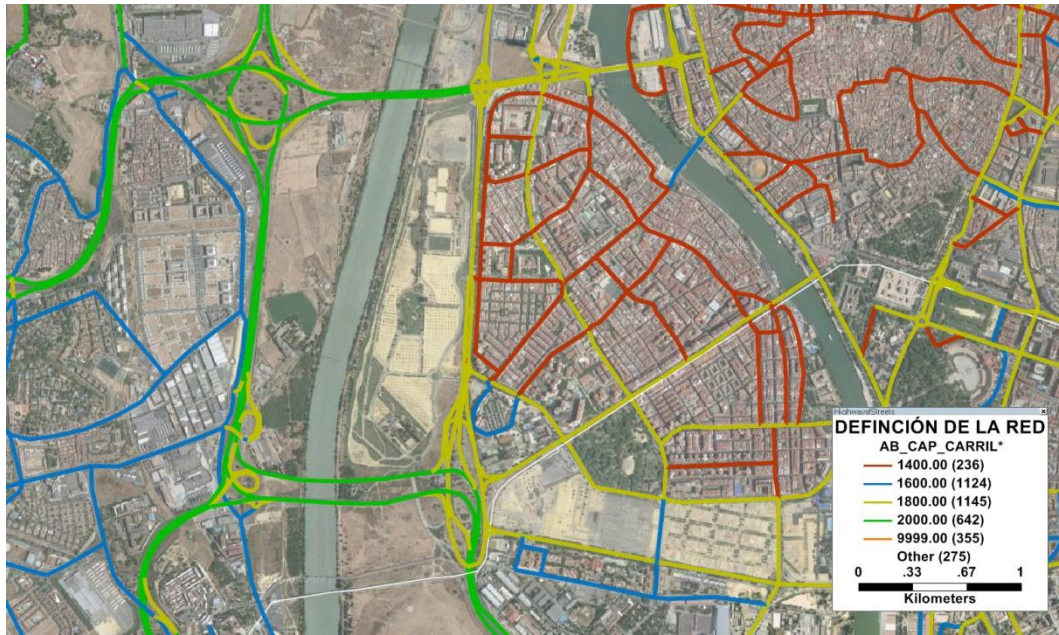


Figura 3.4. Detalle de la digitalización de la red (Capacidad carril)
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

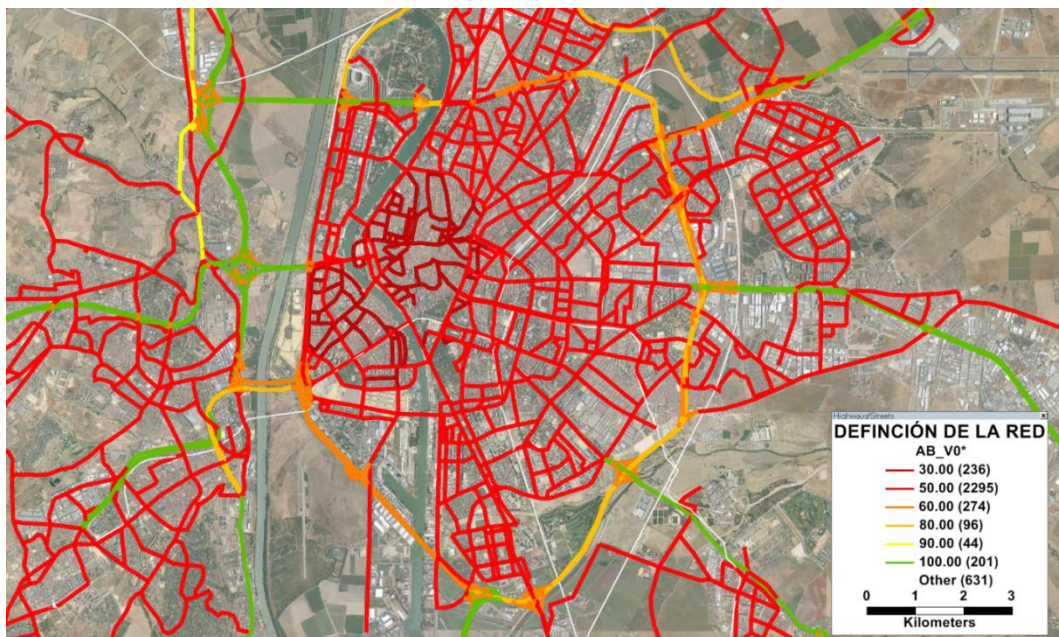


Figura 3.5. Detalle de la digitalización de la red, (Velocidad de diseño de la vía)
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

3.3. ASIGNACIÓN DE TRÁFICO

3.3.1. Función de Demora

La asignación de tráfico requiere la definición de una función que relaciona el flujo o volumen de tráfico por cada arco y la demora del mismo.

En este caso, la función BPR o Bureau of Public Roads es una de las más utilizadas y por tanto es la que se utilizará en el entorno de TransCAD.

La BPR se define como:

$$T_i = t_0 \left[1 + \alpha_i \times \left(\frac{V_i}{C_i} \right)^\beta \right]$$

Donde:

- ‘Ti’ El tiempo de viaje sobre el arco ‘i’.
- ‘T0’ El tiempo de viaje sobre el arco ‘i’ en flujo libre.
- ‘α’ Es un coeficiente de calibración.
- ‘β’ Es un coeficiente de calibración.
- ‘Vi’ Es el flujo en el arco ‘i’.
- ‘Ci’ Es la Capacidad del arco ‘i’.

La BPR describe los tiempos de viaje de cada arco en función del ratio Volumen/Capacidad.

Históricamente, los valores ‘α’ y ‘β’ se han tomado como 0.15 y 4 respectivamente. Sin embargo es posible utilizar valores diferentes a los mencionados siempre y cuando estos valores mejoren el modelo.

Los valores ‘α’ y ‘β’ son coeficientes que determinan las características del tráfico de cada arco, es decir, definen, por ejemplo, el efecto de las intersecciones o de las irregularidades de la vía.

El modelo generado inicialmente mostraba una jerarquización de las vías, otorgando a cada tipo unos valores determinados de ‘α’ y ‘β’. Estos valores fueron tomados mediante estudio real sobre una red, por tanto, en el modelo usado para este análisis se tomarán dichos valores, ya que generarán un modelo más realista de la situación.

Para comprender mejor como afectan los valores ‘α’ y ‘β’ en la evolución del tráfico sobre las vías de circulación se generarán a continuación unos diagramas que relacionan el tiempo de recorrido frente al ratio Volumen de tráfico /Capacidad de la vía.

Se han representado estos diagramas para las siguientes vías: Puente del V Centenario, Puente del Alamillo, Av. De la Paz, y Autovía de Andalucía. Cada una de estas vías tienen asociadas unos coeficientes distintos, que han sido determinados por las características y el tipo de tráfico, obteniéndose, por tanto, un comportamiento diferente en la evolución de los diagramas.

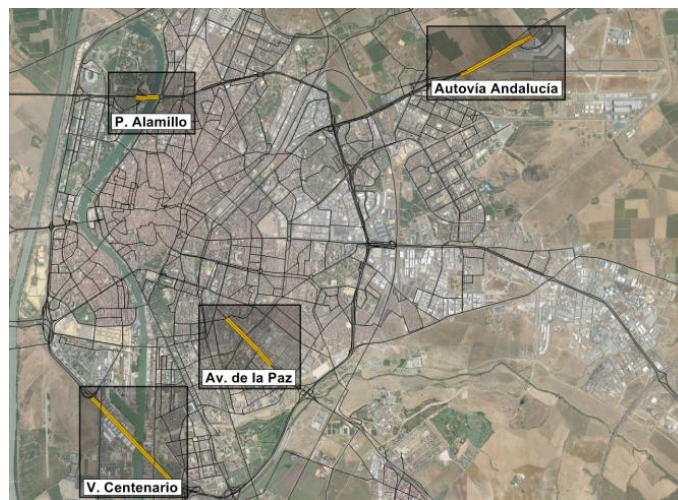


Figura 3.6.Vías de estudio del BPR
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

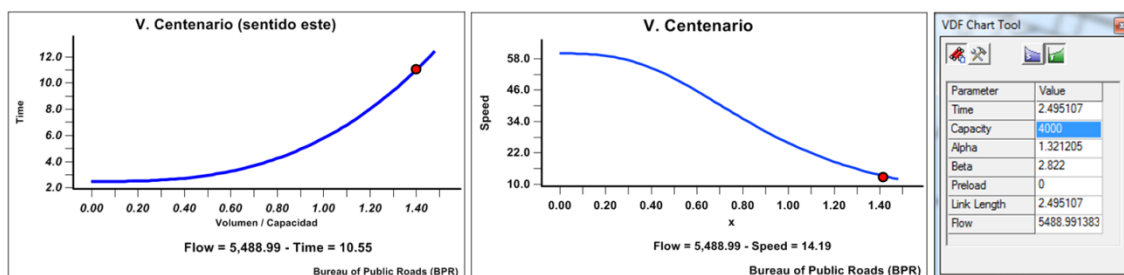


Figura 3.7. Gráfica BPR (V. Centenario)
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

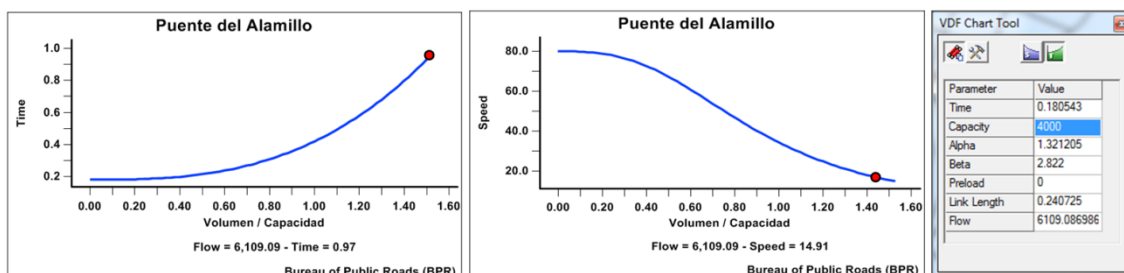


Figura 3.8. Gráfica BPR (Puente del Alamillo)
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

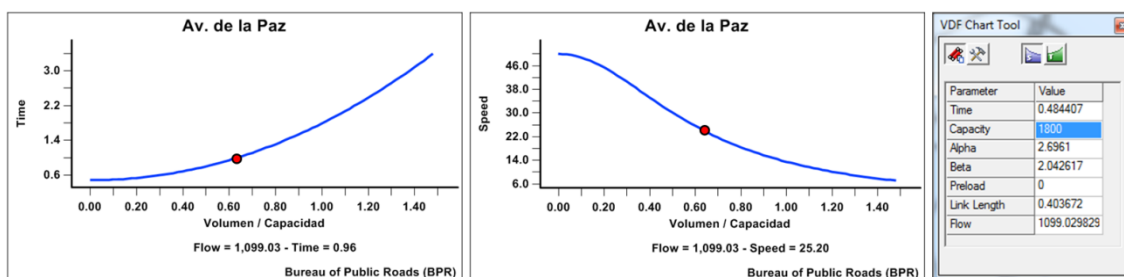


Figura 3.9. Gráfica BPR (Av. de la Paz)
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

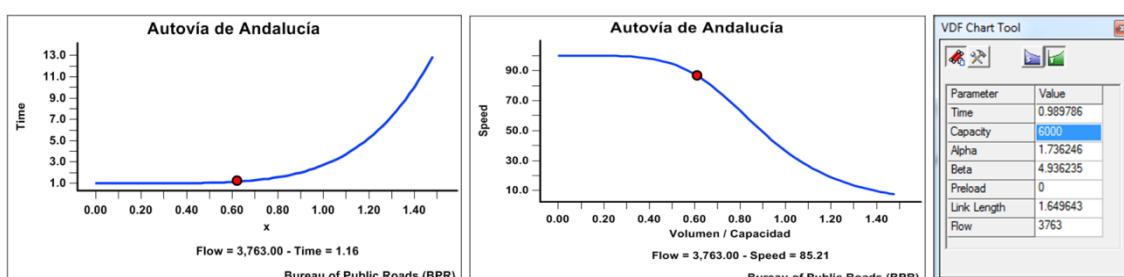


Figura 3.10. Gráfica BPR (Autovía de Andalucía)
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

Se puede observar en los diagramas superiores cómo evoluciona la congestión en función de los coeficientes determinados para cada una de las vías. A modo de ejemplo, en la Autovía de Andalucía, con un coeficiente ' β ' de 4.93, el volumen del tráfico que circula no empieza a tener un efecto de congestión hasta que este no supere el 50% de la capacidad de dicha vía, en contra, en la Av. De la Paz, el volumen del tráfico que atraviesa dicha vía tiene un efecto casi lineal sobre la congestión, es decir, la velocidad, y por tanto, el tiempo de tránsito tienen una variación lineal a medida que aumenta la intensidad del tráfico por la vía.

Los puntos rojos sobre las gráficas representan el estado predicho por el modelo de la vía en hora punta; estos datos han sido obtenidos mediante la hipótesis de que el principio de conducta que rige el sistema es el llamado principio de equilibrio del usuario, que se expone a continuación.

3.3.2. El método de asignación del tráfico (User Equilibrium)

Los modelos de asignación se usan para estimar el flujo de tráfico en una red de Transporte. Estos modelos toman como datos de entrada la matriz de flujo que indica en cada posición el volumen de tráfico entre los pares origen destino (O-D). También es necesario como dato de entrada tener la topología de la red así como definir las características de cada uno de los arcos que forman la red.

Estas asignaciones de tráfico son la herramienta fundamental necesaria para predecir, por ejemplo, los flujos de tráfico asociados a futuros escenarios o cómo se vería afectado el tráfico por cambios puntuales o permanentes de la red o en el volumen de usuarios.

Existe una gran variedad de modelos para resolver el problema de asignación de tráfico entre los que destacan los basados en el equilibrio del usuario y los basados en el equilibrio estocástico del usuario, que difiere del anterior en la manera en que los viajeros perciben la red; es decir, en estos últimos se considera que los usuarios no tienen una perfecta información de los atributos de la red y por tanto perciben los costes de viaje de manera diferente. Existen también modelos de asignación de No-equilibrio, como el método de Todo-o-Nada, en este método todo el flujo de tráfico entre un par O-D es asignado a la ruta mínima que conecta origen y destino. Este modelo es poco realista ya que solo se asigna flujo a una única ruta entre cada par O-D, incluso existiendo otras rutas de igual o parecido coste; en este caso la asignación no tiene en cuenta los efectos de la congestión sobre los tiempos de viaje.

La asignación de tráfico en estado de congestión mediante el equilibrio del usuario, utilizado en este estudio, ha de satisfacer el **primer principio de Wardrop o equilibrio del usuario**.

El primer principio de Wardrop, dice: *"Los tiempos de viaje en todas las rutas usadas es igual (entre ellas), y menor al tiempo que experimentaría cualquier vehículo que decidiera cambiar a otra ruta"* En este caso, cada usuario, actuando de forma NO-cooperativa, es decir de forma egoísta, busca minimizar sus propios costos de Transporte. Los flujos de tráfico que satisfacen este principio de equilibrio se definen como tipo de "equilibrio" del usuario (UE), ya que cada usuario elige el camino que prevé ventajoso. En resumen, este equilibrio se alcanza cuando ningún usuario puede bajar más su tiempo de viaje (costo de Transporte) por medio de una acción unilateral.

Para alcanzar la solución de equilibrio, en donde los usuarios no mejoran sus tiempos de viaje cambiando de ruta, es necesario realizar un proceso iterativo. En cada iteración, TransCAD calcula los flujos en cada arco de la red, incorporando los efectos de la congestión sobre la capacidad y los tiempos de viaje llegando finalmente, tras este proceso iterativo, a una solución de equilibrio entre tiempos y flujos.

La formulación del proceso iterativo se basa en el **Algoritmo de Frank-Wolfe (FW)** que a continuación se describe brevemente. Se considera únicamente el caso de asignación simétrica, con el coste de un arco C_a a dependiente exclusivamente del flujo de dicho arco V_a , $C_a = C_a(V_a)$. Como el proceso será iterativo, en una iteración i se tendrá un vector de flujos en los arcos V^i .

3.3.2.1. El Algoritmo de Frank Wolfe

1. Seleccionar un conjunto inicial idóneo de costes de arco, en este caso tiempos de viaje $C_a(0)$ a flujo libre. Al inicio del proceso se hacen todos los flujos $V_a^0=0$; también $n=0$.
2. Construir el conjunto de rutas de mínimo costo con los costes de que se dispone; hacer $n=n+1$
3. Cargar toda la matriz T sobre las rutas con el método de todo o nada; de este modo se consigue un conjunto de flujos auxiliares F_a
4. Calcular los flujos correspondientes, eligiendo θ de modo tal que el valor de la función objetivo Z sea mínima.

$$V_a^n = (1 - \theta)V_a^{n-1} + \theta F_a$$

$$Z[T_{ijr}] = \sum_a \int_0^{V_a} C_a(u) dv = \pi r^2$$

5. Calcular un nuevo conjunto de costes de arco en base a los flujos V_a^n ; Si los flujos (o los costes de arco) no se han modificado significativamente en dos iteraciones consecutivas, se ha llegado a la solución esperada; en otro caso se vuelve al paso 2.

3.4. RESULTADOS DE LA ASIGNACIÓN

Una vez definida la matriz de viajes como la red se lleva a cabo el proceso de asignación mediante la herramienta TrasnCAD. Mediante un proceso iterativo, el programa nos devolverá una serie de resultados asociados a cada arco que compone la red. Los campos que TrasnCAD aporta en formato tabla son:

- **Flujo (*AB_Flow, BA_Flow*)**: representa el número de vehículos que circulan por un arco en un intervalo de tiempo, en nuestro caso la hora punta de mañana, en sentido AB y BA (A y B son los nodos extremos del arco ordenados en el sentido topológico, es decir, A fue el primer nodo en ser dibujado para generar el arco, y B el último).
- **Tiempo (*AB_Time, BA_Time*)**:Tiempo de viaje calculado en cada arco de la red en el momento de asignación.
- **Ratio volumen/capacidad (*AB_VOC, BA_VOC*)**:es el cociente entre el volumen de vehículos que circula por el arco por unidad de tiempo (1 hora) y la capacidad teórica de ese arco. Este coeficiente da una idea del nivel de servicio de la vía.
- **Velocidad (*AB_Speed, BA_Speed*)**:Es la velocidad de circulación en cada arco determinada en la última iteración de la asignación. Se calcula como: $\text{Length} * 60 / [\text{AB/BA_Time}]$.
- **Distancia entre vehículos (*AB_VMT, BA_VMT*)**: *Separación entre los vehículos que cruzan un arco. Este dato también guarda cierta relación con el nivel de servicio de la vía en estas condiciones de asignación.*

Resultados globales de la asignación:

- **Tiempo total de circulación (*Total VHT*)**: *Muestra la suma total horarias de todos los viajes asignados. Este valor puede ser comparado entre distintos escenarios de asignación y determinar cuál produce mejores resultados en cuanto a costes totales.*
- **Número total de kilómetros de rutas(*Total VKmT*)**: Sumatorio de todas las rutas asignadas

La siguiente tabla muestra el resumen de la asignación mediante el método de Equilibrio del Usuario (User Equilibrium BFW):

INPUT FILES	
Network	C:\Users\javi\Desktop\00_DEFINITIVO\01_MODELO_PRIVADO\NETWORK_PRIVADO_DEF\NETWORK_PRIVADO_DEF.net
Demand Table	C:\Users\javi\Desktop\00_DEFINITIVO\01_MODELO_PRIVADO\AdistribuirP2\Demanda\MatricesHPM.mtx
Cost Delay Function	C:\Program Files\TrasnCAD 6.0\bpr.vdf
OUTPUT FILES	
Flow Table	C:\Users\javi\Desktop\00_DEFINITIVO\01_MODELO_PRIVADO\ASIGNACION_PRIVADO_DEF\{UE_BFW}ASN_LinkFlow.bin
LINK FIELDS	
Time	[[AB_T0**] / [BA_T0**]]
Capacity	[[AB_CAPACIDAD**] / [BA_CAPACIDAD**]]
Alpha	[[AB_ALPHA*] / [BA_ALPHA*]]
Beta	[[AB_BETA*] / [BA_BETA*]]
Preload	None

OD DEMAND	
OD Pairs	59760
Non zero OD Pairs	4695
Demand	110885.50
Intranodal Demand	0.00
PARAMETERS	
Assignment Method	User Equilibrium BFW (2 vectors) with Turn Penalties
Max Assignment Iterations	100000
Convergence Criteria	1e-005
Running Results	
Relative Gap	9.70949804e-006
RMSE	0.0310968535
% RMSE	0.00476133454
Max Flow Change	0.240098581
Assignment Iterations	1345
Equilibrium reached	Yes
Total VHT	39711.71
Total VKmT	1353148.08
Centroid VHT	2602.35
Centroid VKmT	111931.54
VHT w/o Centroids	37109.36
VKmT w/o Centroids	1241216.54
Total Running Time 00:02:00.739.	

Figura 3.11. Reporte de la asignación
Fuente: TransCAD

La primera parte del sumario de la asignación muestra los directorios de los archivos de entrada y salida, así como los campos de nuestra red que ha utilizado para asignar.

Es en la segunda parte del sumario donde podemos encontrar lecturas importantes:

OD Demand: Aporta datos referentes a la matriz O-D, entre ellos está el parámetro *Demand*, que muestra el total de viajes de nuestra asignación.

VIAJES TOTALES ASIGNADOS = 110.885 Vehículos

Parameters: Aquí se define el Método de Asignación utilizado, así como el número máximo de iteraciones que el programa ejecutará para intentar alcanzar el equilibrio y el criterio de convergencia para alcanzarlo.

Estos valores se introducen manualmente. Hay que tener en cuenta que si el número máximo de iteraciones no es suficientemente grande, el programa interrumpirá el ciclo antes de llegar al criterio de convergencia impuesto por el usuario y por tanto no se alcanzará el Equilibrio.

RunningResults: Muestran los datos relativos al resultado de asignación. El “*Relative Gap*” es la diferencia relativa de los costes totales (Tiempos) resultantes en todas las rutas usadas en la última iteración y el coste total si todos los viajes se realizaran por las rutas de coste mínimo de dicha iteración. Si en algún momento del proceso iterativo esta diferencia es menor que el criterio de convergencia y, aunque no se haya llegado al límite máximo de iteraciones, el algoritmo considerará que se ha alcanzado el equilibrio definido por el usuario y finaliza su ejecución.

3.4.1. Los flujos totales de tráfico privado

A continuación se muestra un mapa temático de flujos totales (ambos sentidos) por vía en el periodo de hora punta de mañana. En azul se muestran las vías que soportan menor volumen mientras que los tonos rojos denotan aquellas donde el flujo es mucho mayor. Es poca la información que podemos adquirir de este modelo de mapa, únicamente nos da una visión de cuáles son las vías preferentes.

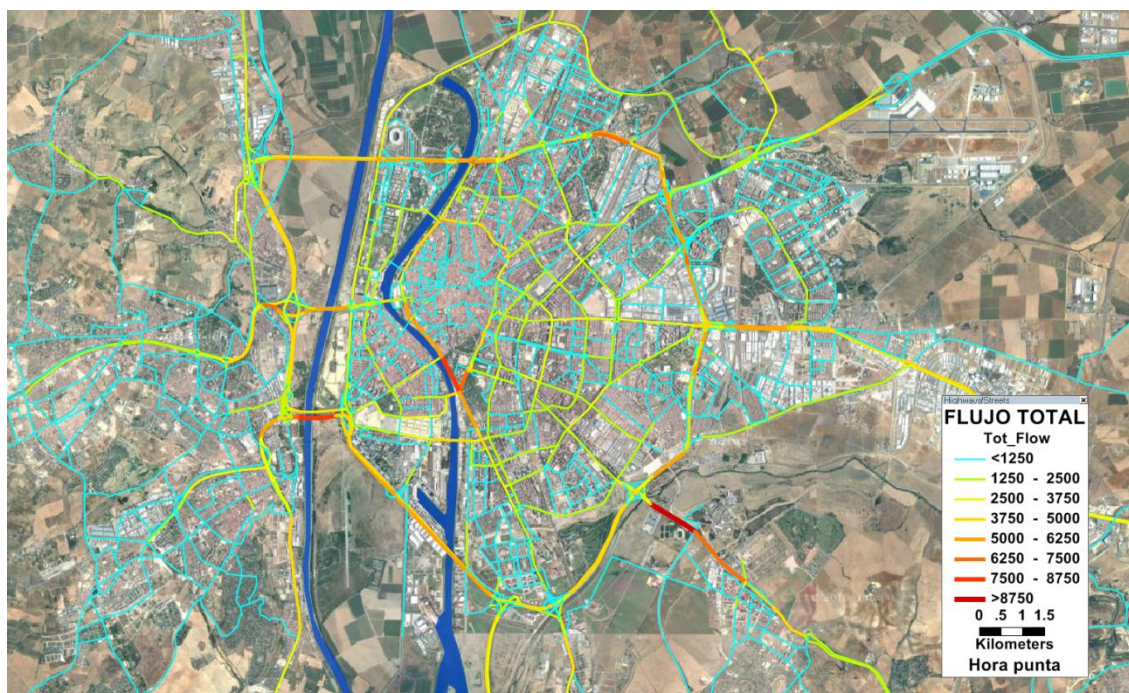


Figura 3.12. Mapa de color, flujo de vehículos privados en hora punta (7:30-9:30)
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

Se pueden deducir los siguientes aspectos de este mapa:

- Como era de esperar las autovías y autopistas son las vías que mas volumen de tráfico soportan, la SE-30, en forma de anillo exterior se lleva la mayor parte del tráfico, destacan por captación de flujo el Puente Juan Carlos I (8.400 vehículo/hora sentido Sevilla), El Puente del V Centenario (5.400 vehiculos/hora dirección sureste, 4.700 vehículos/hora dirección noroeste). Ha de tenerse en cuenta que en este escenario se le ha otorgado al V Centenario 2 carriles en ambos sentidos.
- En la zona sureste de Sevilla el flujo de entrada a la capital se realiza en mayor medida por la A-376, con un flujo dirección Sevilla de 4.900 vehículos/hora y 4.400vehículos/hora en sentido contrario. Esta autopista da cobertura a grandes núcleos poblacionales como Dos Hermanas, Montequinto, Benacazón o Utrera.

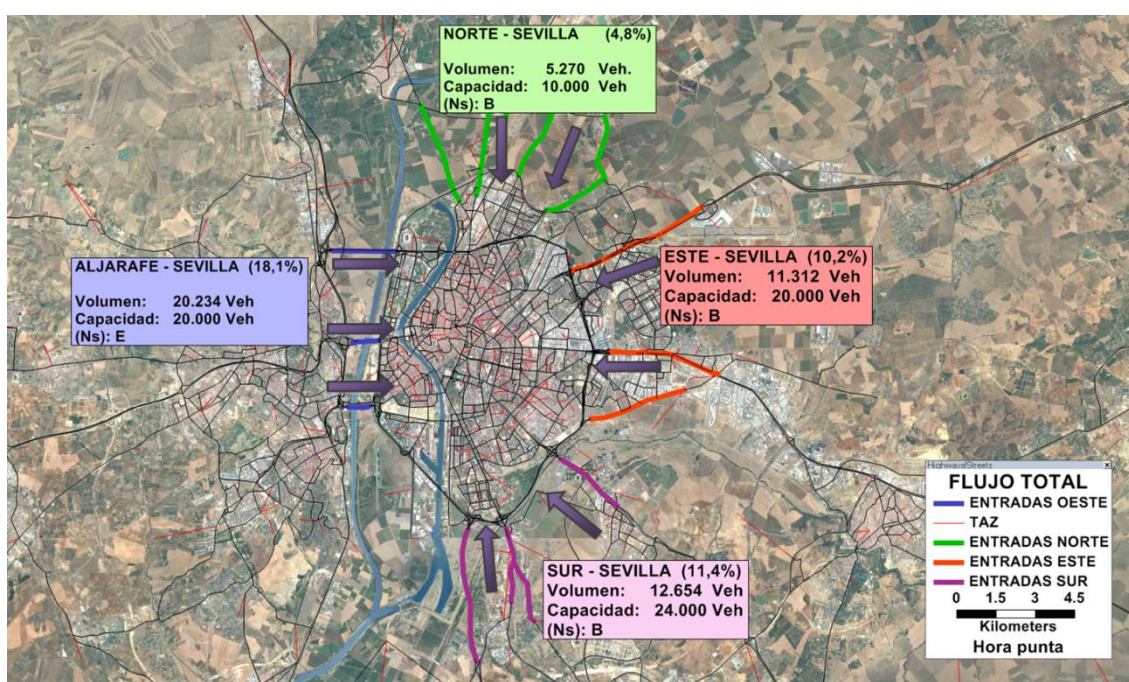


Figura 3.13. Flujos poblacionales desde núcleos metropolitanos hacia el municipio de Sevilla
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

- La Ronda norte se lleva una parte importante del flujo debido a que es el principal conector entre las zonas este y oeste de la ciudad. El tramo de mayor flujo alcanza los 6.400 vehículos/hora sentido este y 4.700 vehículo/hora en sentido contrario.
- En la zona central del municipio de Sevilla el flujo se reparte sobre la vías principales de 2 o más carriles, descando entre todas ellas el anillo central que forman las vías: Calle Torneo, Calle Resolana, Calle Muñoz León, Calle María Auxiliadora, Calle Recadero, Paseo de las Delicias, Paseo de Cristobal Colón y Calle Arjona. Destacan entre estas últimas, el Paseo de las Delicias y el Paseo de Cristobal Colón, con un tráfico en su punto máximo de 3.700 vehículos sentido norte y 4000 en sentido contrario.

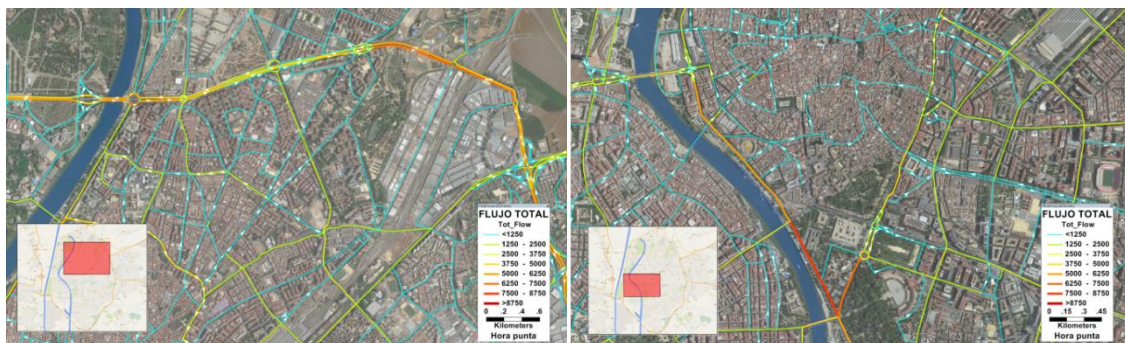


Figura 3.14. Detalle de los flujos de transporte privado, Zona Norte (Izq.) Zona Centro (Dcha.)
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

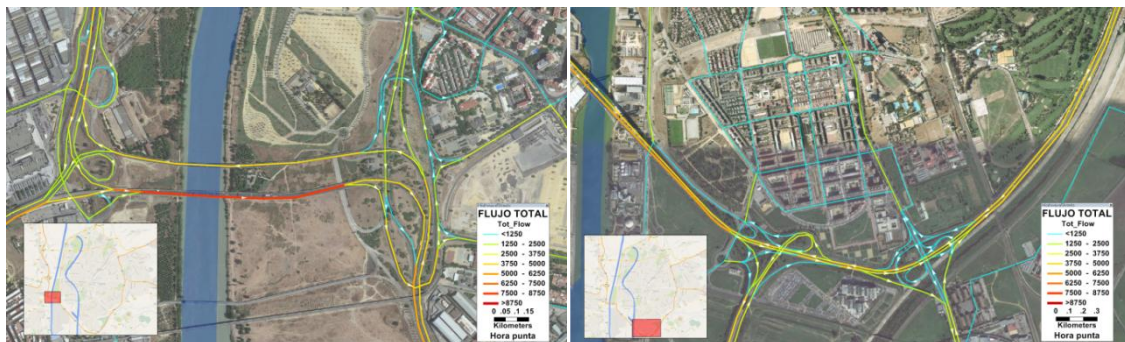


Figura 3.15. Detalle de los flujos de transporte privado, Conexión Aljarafe (Izq.) Conexión Dos Hermanas y A4
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

Los mapas anteriores nos dan una idea global de cómo se distribuye el tráfico, pero a priori no aportan información de la situación del tráfico, de la congestión. Para ello es necesario utilizar otro tipo de mapa.

Hay que tener en cuenta que los mapas vistos hasta ahora representan la suma total del tráfico en ambos sentidos, esto puede inducir a un error en su lectura ya que las vías de calzadas separadas (Autopistas y autovías entre otras) como la SE-30 o la Ronda Norte están topológicamente separadas y las vías de doble sentido se definen mediante un único arco.

3.4.2. La relación Volumen / Capacidad

Para entender mejor los efectos de la congestión del tráfico sobre la red se representará en un mapa de color la relación Volumen/Capacidad. Esta relación nos da una visión del nivel de servicio de la vía, a mayor valor de dicho ratio más congestionada se encontrará la vía y por tanto los costes (tiempos de viaje) serán mayores. Como se ha visto anteriormente los efectos de la congestión sobre los tiempos de viaje vienen dados por la función de demora (ver apartado 4.3.1 de este capítulo).

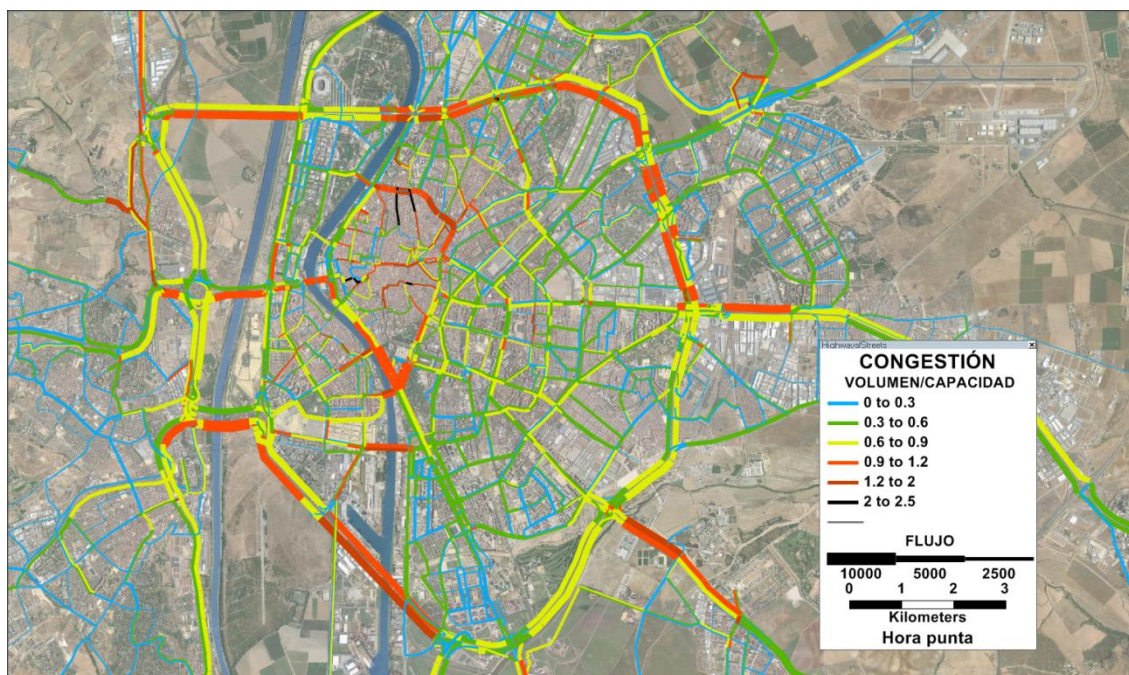


Figura 3.16. Mapa de color, Volumen/Capacidad
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

El mapa también representa el volumen de tráfico que circula por la vía a través de una escala de grosores.

Esta relación entre el volumen de tráfico y la capacidad de la vía, que está directamente relacionada con el nivel de servicio de la vía, es la que aporta más información sobre el estado de la circulación. Como se ve en la imagen superior, dos vías con mismo un mismo flujo (mismo grosor de línea) pueden presentar distinto estado de congestión; esto se debe, como es lógico, a la diferencia entre las capacidades entre ambas vías. A modo de ejemplo, existiendo dos vías de 1 y 3 carriles respectivamente por las que circulan 2.000 vehículos/hora por cada una, la primera de ellas tendrá un estado de congestión muy alto debido a su único carril, mientras que la segunda, con 3 carriles, no estará apenas congestionada, si asignamos una capacidad media por carril de 1.800 vehículos/hora, la primera de las vías tendrá un ratio volumen capacidad de 1.1 frente a 0.37 de la segunda vía; por tanto, a un mismo flujo el tráfico en la primera situación será muy denso y en la segunda será mucho más fluido.

Un aspecto importante en el análisis de los resultados, que ya se introdujo en el apartado 3.2 de este estudio, es la necesidad de tener en cuenta que los datos aportados por la asignación son menos veraces en aquellas zonas de la red más próximas a los centroides. La red tiene un nivel de detalle determinado, existen viarios que no están contenidos en nuestra red, estos son, los viarios más céntricos y calles urbanas, que no tienen un efecto importante sobre la asignación en las redes y conexiones principales de la ciudad. Por tanto, en esas zonas, la conexión entre los centroides y la red se realiza mediante arcos ficticios a los que se les ha asignado unos parámetros de tráfico ideales para que no tengan efecto alguno en los costes totales de la asignación, es decir, no existen efectos de congestión. Esta configuración hace que la circulación de entrada y salida de los centroides se concentren de forma irreal en ciertos puntos de nuestra red, las uniones con los conectores. A modo de ejemplo se muestra la imagen inferior y el efecto de la configuración de la red en las zonas cercanas a los conectores.

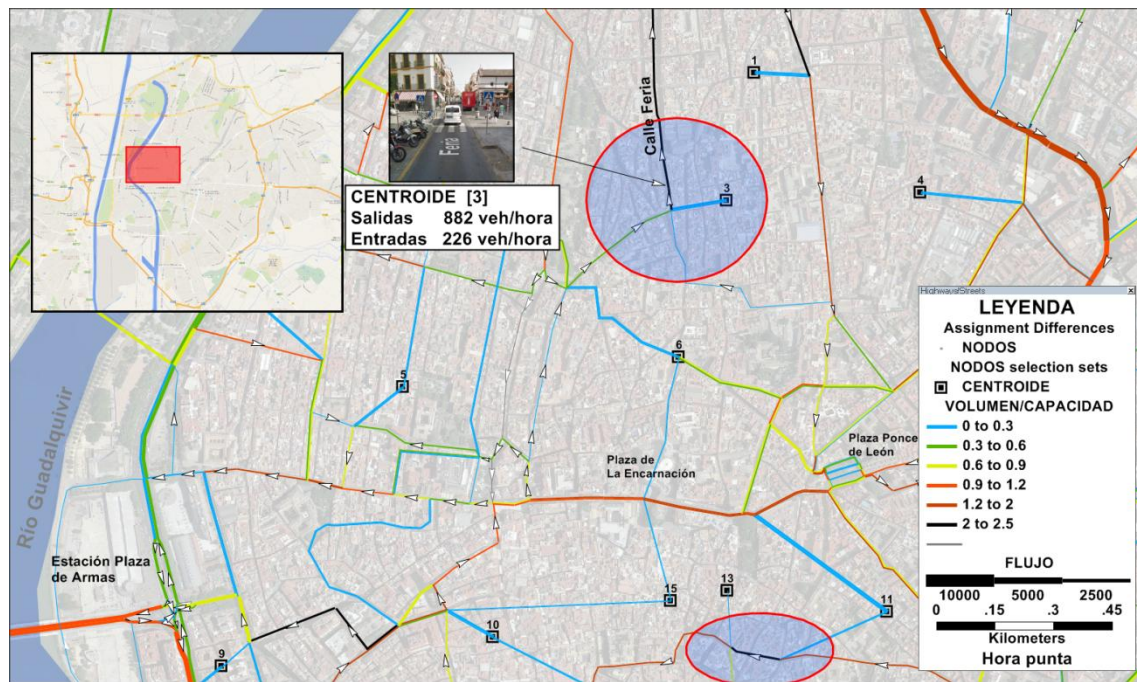


Figura 3.17. Detalle Efecto Conector, Calle Feria
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

Observamos, por ejemplo, que el Centroide 3 de la imagen, de donde salen todos los viajes de su ZAT, se conecta a nuestra red mediante un único arco denominado conector, entonces, tanto las entradas como las salidas al centroide han de realizarse por dicho arco. En este punto, los viajes de salida del centroide 3 solo tienen una vía de escape en el modelo de red, la Calle Feria (único sentido), por tanto todas las salidas se realizarán por esta calle generando así un alto nivel de congestión, resultando un volumen de tráfico asignado doble de su capacidad. No ocurre lo mismo en la realidad, donde no se da la concentración de generación – atracción de viajes en único punto, además de existir un mayor número de vías de escape; por tanto, el flujo de tráfico se distribuiría entre ellas, reduciendo así tanto la congestión en la Calle Feria como en todas las demás.

4 EL MODELO PÚBLICO DE TRANSPORTE

4.1. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo se constituye de cuatro bloques, en el primero se describe el sistema de Transporte Público que da cobertura tanto al municipio de Sevilla como a los municipios de la corona metropolitana, definiendo las características de cada uno de los modos de Transporte Público presentes (Bus Interurbano TUSAM, Bus Metropolitano, Red de Cercanías RENFE y Línea 1 del Metro de Sevilla). El segundo bloque presenta la modelización del Sistema de Transporte sobre la herramienta de TransCAD, definiendo algunos detalles importantes sobre la calibración del modelo y los procesos de asignación.

En el tercer y último bloque se afronta un análisis de los resultados de la asignación de la demanda de viajes, determinando, entre otros aspectos importantes, las rutas más demandadas, los movimientos peatonales de transbordos y los flujos por cada una de las rutas de mayor afluencia.

4.2. DEFINICIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE PUBLICO DE SEVILLA

4.2.1. Red de Transporte Público Urbano TUSAM

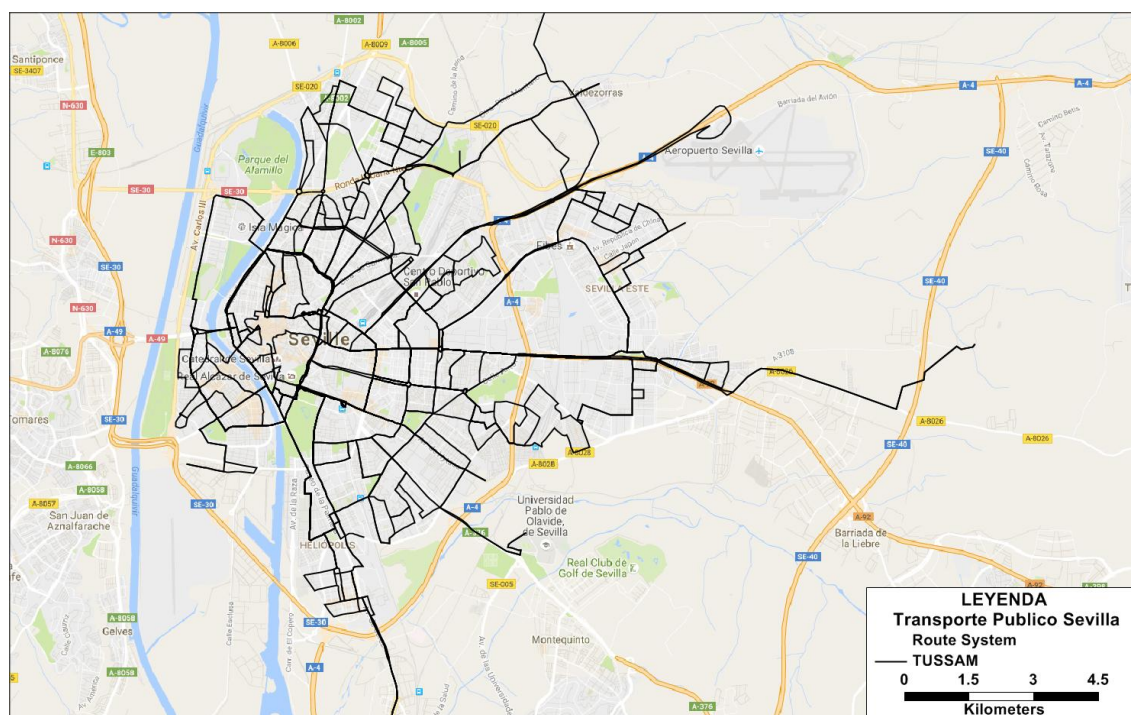


Figura 4.1. Red de autobuses urbanos TUSAM
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

La red de líneas de TUSAM opera en su totalidad dentro del municipio de Sevilla y es la más importante de las redes existentes en el área de Sevilla en número de viajeros transportados, su estructura básicamente radial, contando cada barrio con al menos una línea que lo une con el centro de la ciudad. El resto de líneas transversales, circulares y periféricas permiten cohesionar la red y posibilitar los desplazamientos por el conjunto de la ciudad.

La red de TUSAM cuenta con un total de 43 líneas diurnas y 9 líneas nocturnas que generan un recorrido total de 633 km con una flota activa de 401 autobuses y 4 tranvías.

Existen 1012 paradas con marquesinas 658 de las cuales disponen de marquesina. La distancia media entre paradas es de 300 metros.

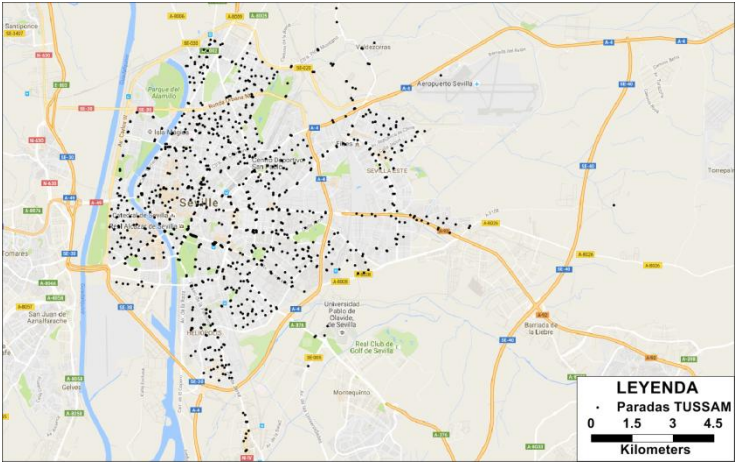


Figura 4.2. Paradas líneas autobuses TUSAM
Fuente: Catálogo de Datos abiertos (www.sevilla.org)

La frecuencia media de paso de los vehículos es de 8,75 vehículos por hora, generando un intervalo de 13 minutos entre vehículos.

▪ **El material móvil**

La mayoría de los vehículos que operan cuentan con Piso Bajo y Rampa automático, además, todos incorporan Aire Acondicionado y Sistemas de Purificación de aire.

Por dimensión del autobús		Por combustible		Por accesibilidad	
Estandar (12 metros)	296	Diesel	222	Piso bajo sin rampa	3
Estandar (15 metros)	4	Gas Natural	178	Piso bajo rampa automática	259
Articulado (18 metros)	89	Eléctricos	5	Piso bajo rampa automática y manual	143
Midibús (7-12 metros)	8				
Microbus (<12 metros)	4				
Tranvía Urbo DCAF (30 metros)	4				
Flota total (Incluido Tranvía)					405

Tabla 4.1. Características de la flota de TUSAM
Fuente: Memoria 2015 TUSAM

▪ **El sistema tarifario**

TUSAM oferta a los usuarios de sus líneas distintos tipos de títulos de viaje. La tarifa media por viaje se sitúa en torno a los 0,47 euros en el periodo de 2015, lo que genera un leve ascenso frente al periodo anterior, donde la media se situaba en 0,45 euros/viaje.

Respecto al uso de los distintos títulos de viaje, el más utilizado es la tarjeta sin transbordo, le sigue la tarjeta de la 3ª edad y la tarjeta con transbordo.

Existe a disposición del usuario tarjeta de Transporte integrado que permita al viajero realizar transbordos entre modos.

Tipo de Billete	Tarifa	Descripción
Univiaje	1,40 €	Billete sencillo, solo un viaje sin transbordo
Tarjeta Multiviaje (sin transbordo)	0,69 €	Tarjeta recargable, viaje sin transbordo
Tarjeta Multiviaje (con transbordo)	0,79 €	Tarjeta recargable, viaje con transbordo)
Tarjeta turista 1 día(s)	5,00 €	Sin límite de viaje durante su periodo de validez
Tarjeta turista 3 día(s)	10,00 €	Sin límite de viaje durante su periodo de validez
Tarjeta 30 día(s)	35,30 €	Sin límite de viaje para su titular
Tarjeta Anual	320,00 €	Sin límite de viaje para su titular
Tarjeta Universitaria oct-jun	210,00 €	Sin límite de viaje
Tarjeta Universitaria Trimestral	78,00 €	Sin límite de viaje
Tarjeta Familia Numerosa	28,24 €	Descuento del 20% sobre tarjeta 30 día(s)
Tarjeta 3ª Edad	-	Mayores de 60 años. El precio depende de la renta
Servicio Aeropuerto univiaje	4,00 €	Línea EA
Servicio Aeropuerto Ida/Vuelta	6,00 €	Línea EA
Feria y servicios especiales	1,50 €	

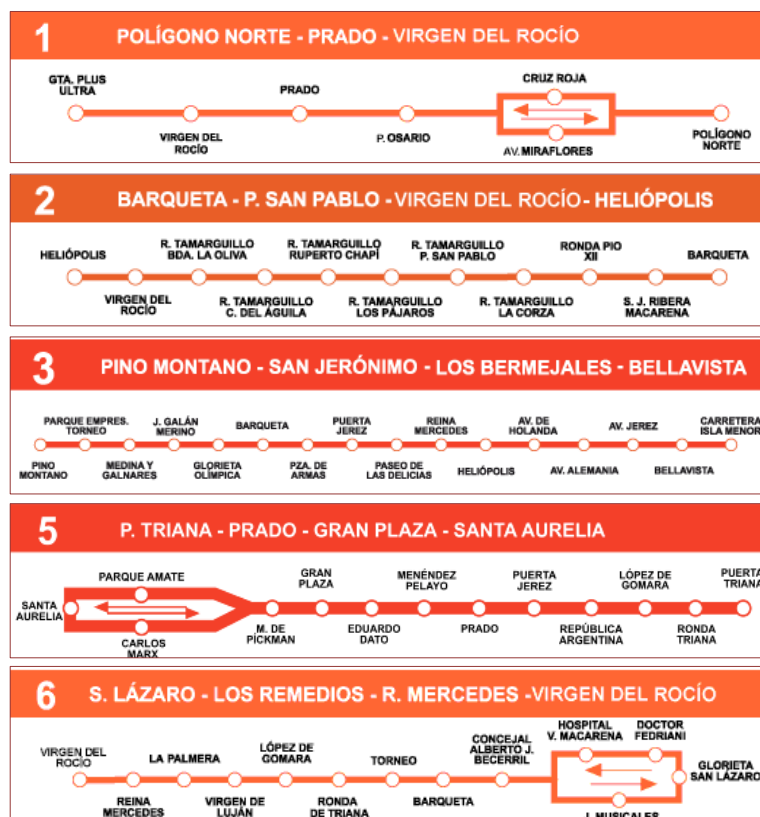
Tarifa media por viaje	0,47 €
-------------------------------	---------------

Tabla 4.2. Tarifas de autobuses urbanos TUSSAM
Fuente: Memoria 2015 TUSSAM

4.2.1.1. Transversales

Son las líneas de mayor longitud, crean conexiones directas entre zonas del municipio alejadas. Todas las líneas transversales atraviesan la ciudad de norte a sur, excepto la línea 6, la que se dispone de este a oeste.

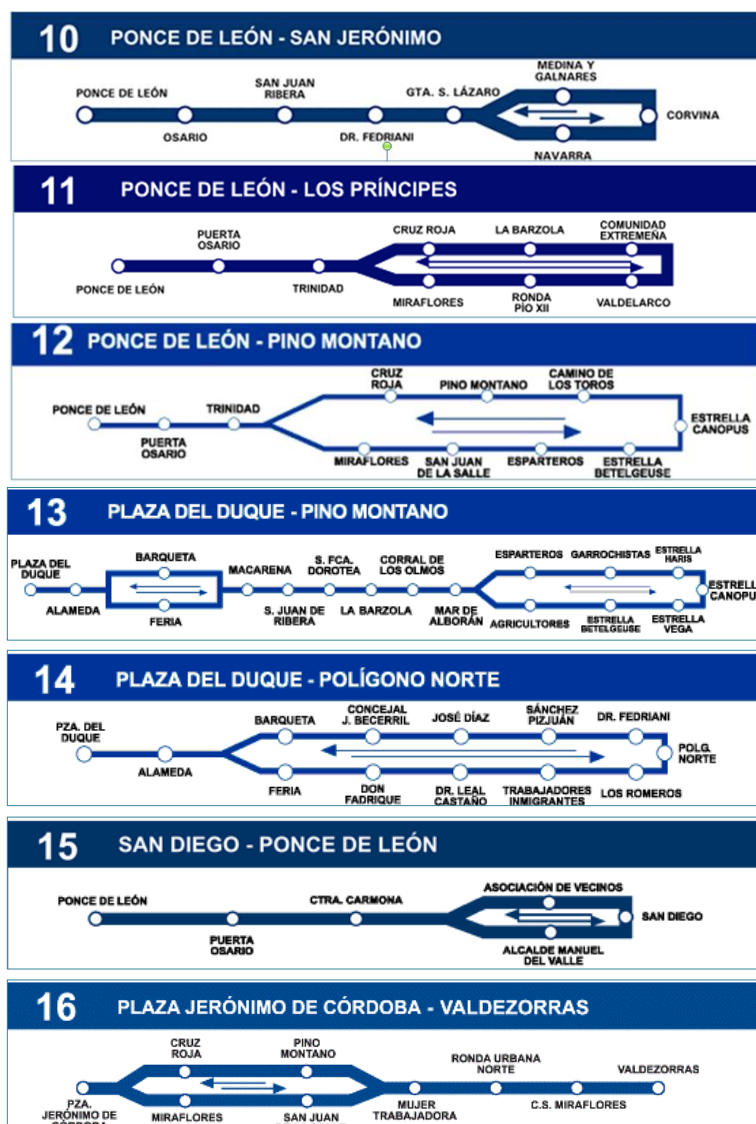
1 2 3 5 6



4.2.1.2. Radiales Norte

Operan en la zona norte de Sevilla, esencialmente en el área de San Jerónimo y Pinomontano, su estructura es básicamente radial, favoreciendo el flujo de pasajeros hacia el centro de la ciudad.

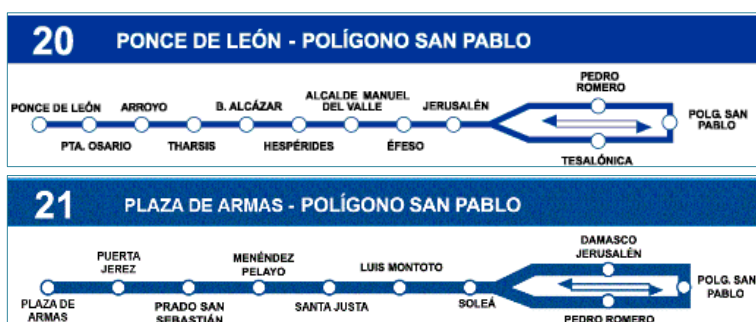
10 11 12 13 14 15 16

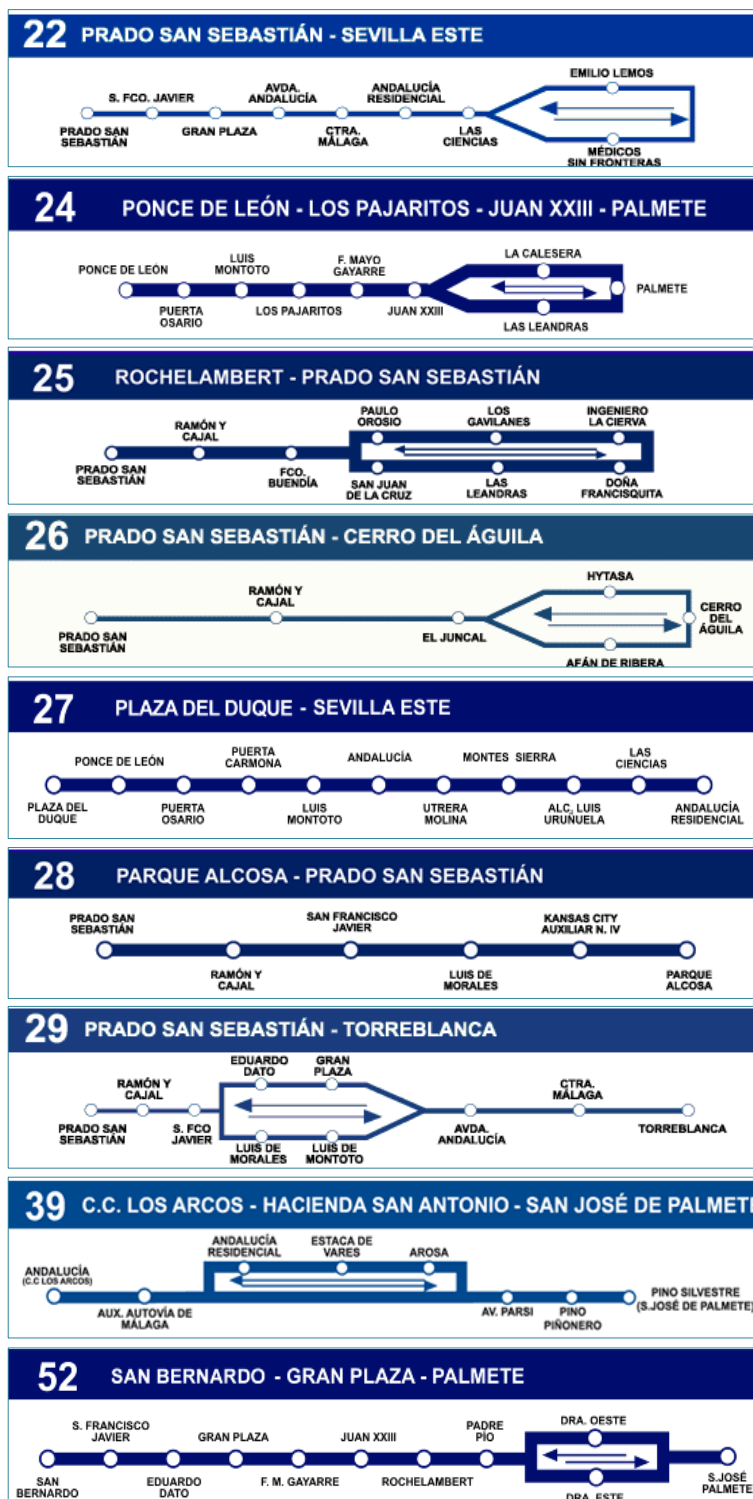


4.2.1.3. Radiales Este

Al igual que las radiales norte, estas líneas permiten el flujo de pasajeros desde los barrios periferia hacia el centro de la ciudad, la mayoría tiene como parada terminal la estación de San Bernardo, permitiendo así el transbordo con otras líneas de transporte público.

20 21 22 24 25 26 27 28 29 39 52

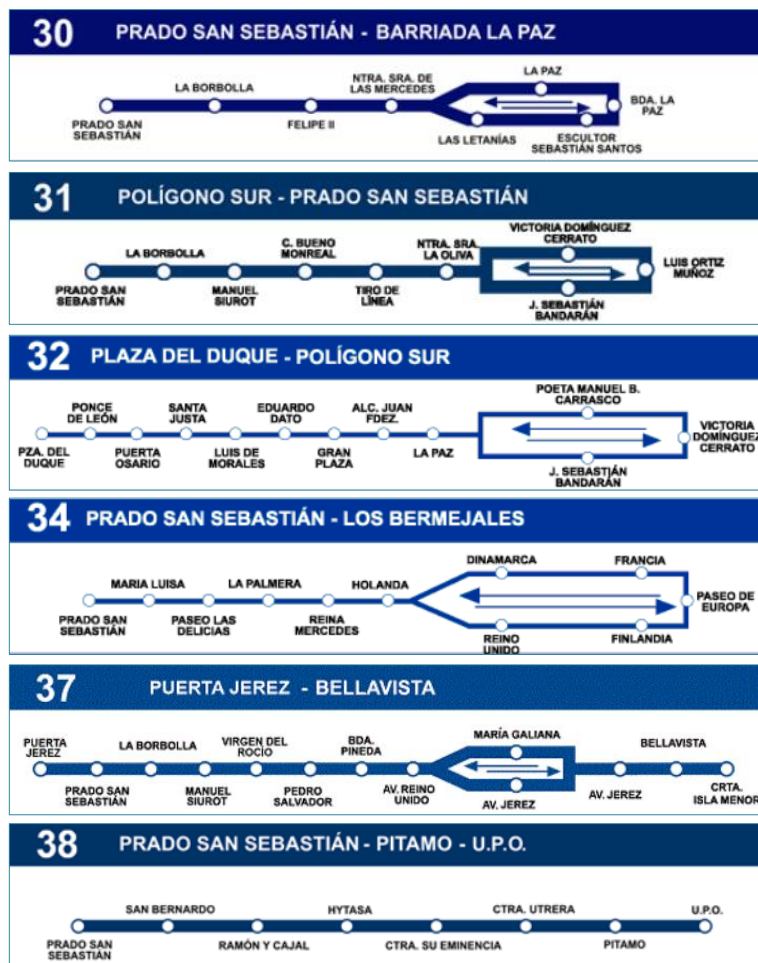




4.2.1.4. Radiales Sur

Se distribuyen por los distritos de Los Remedios, Palmera Bellavista y sur, permitiendo el flujo hacia el centro de la ciudad.

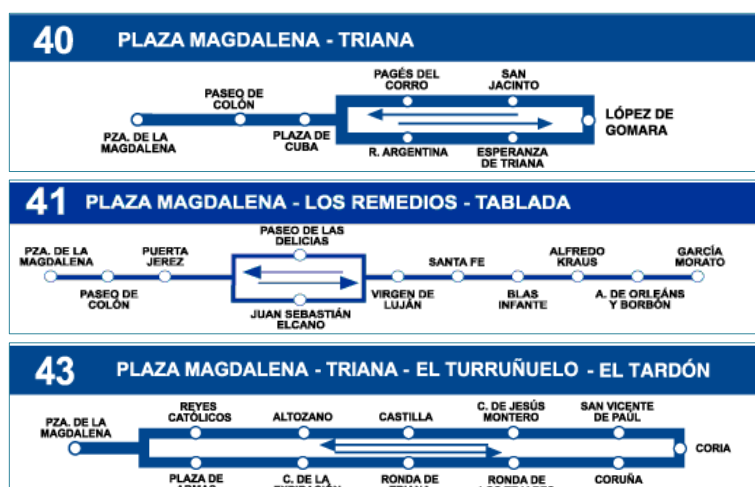
30 31 32 34 37 38



4.2.1.5. Radiales Oeste

Dan cobertura a la zona oeste del municipio, principalmente al distrito de Triana, conectándolo con el centro de la capital.

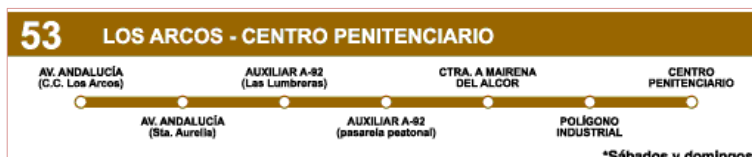
40 41 43



4.2.1.6. Periféricas

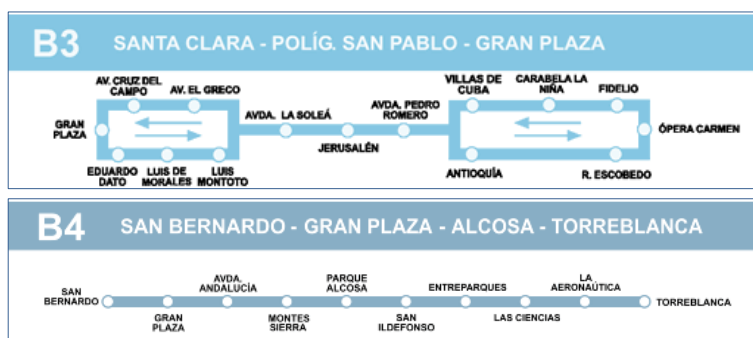
Una única línea que opera entre la zona de Nervión y el centro penitenciario Sevilla 1, con unas frecuencias muy bajas y solo los días no festivos.

53



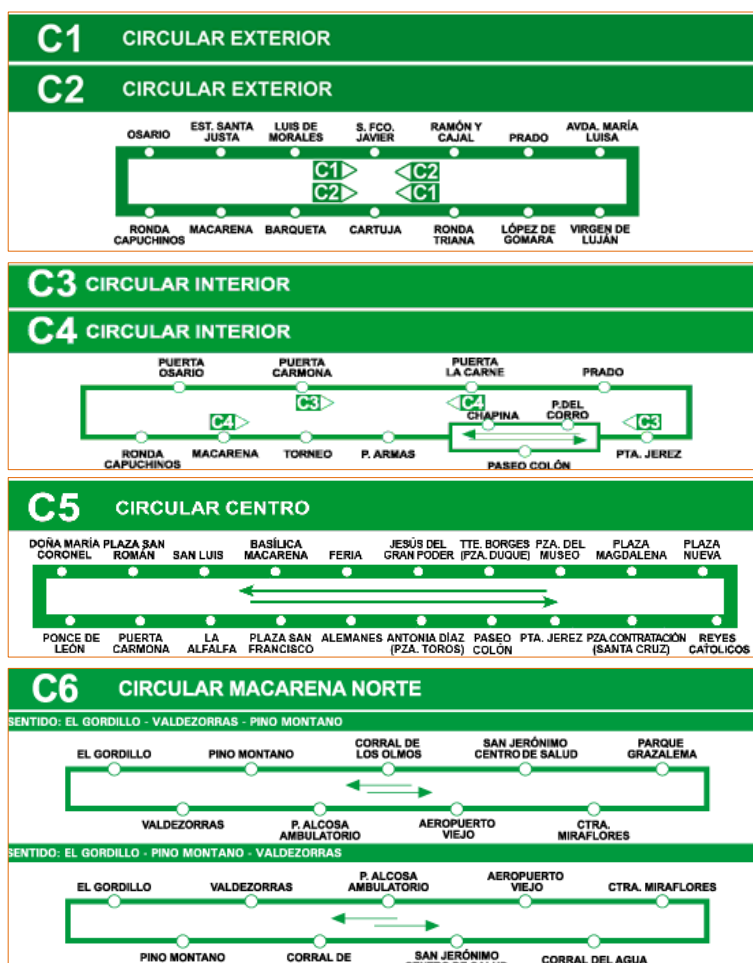
4.2.1.7. De barrio

B3 B4



4.2.1.8. Circulares

C1 C2 C3 C5 C6



4.2.1.9. Especiales

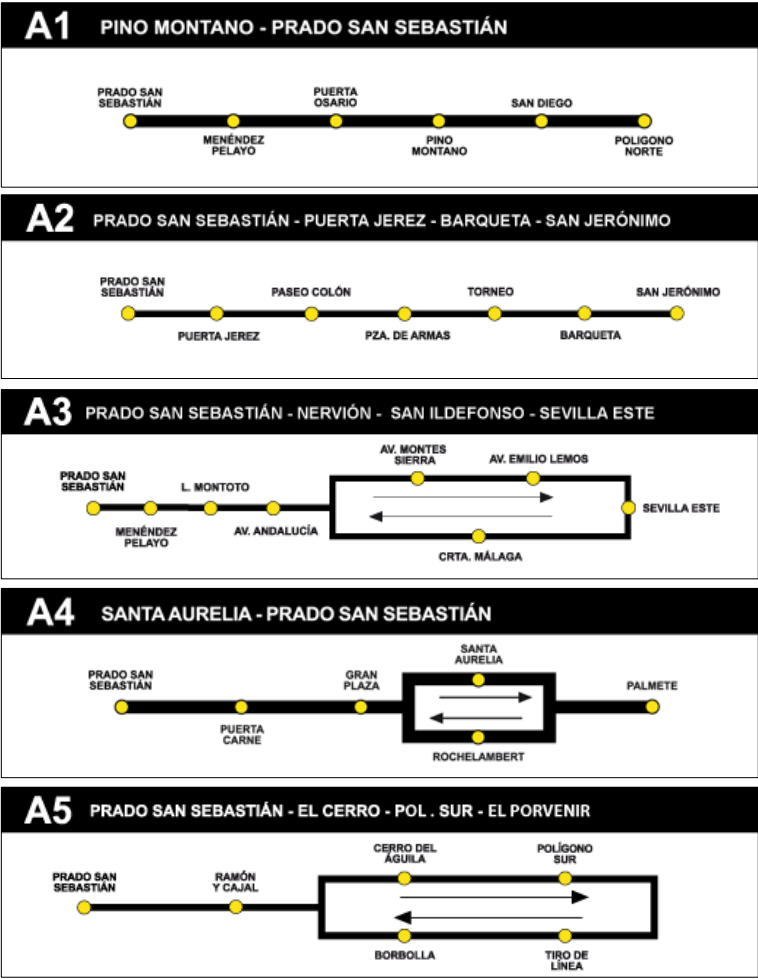


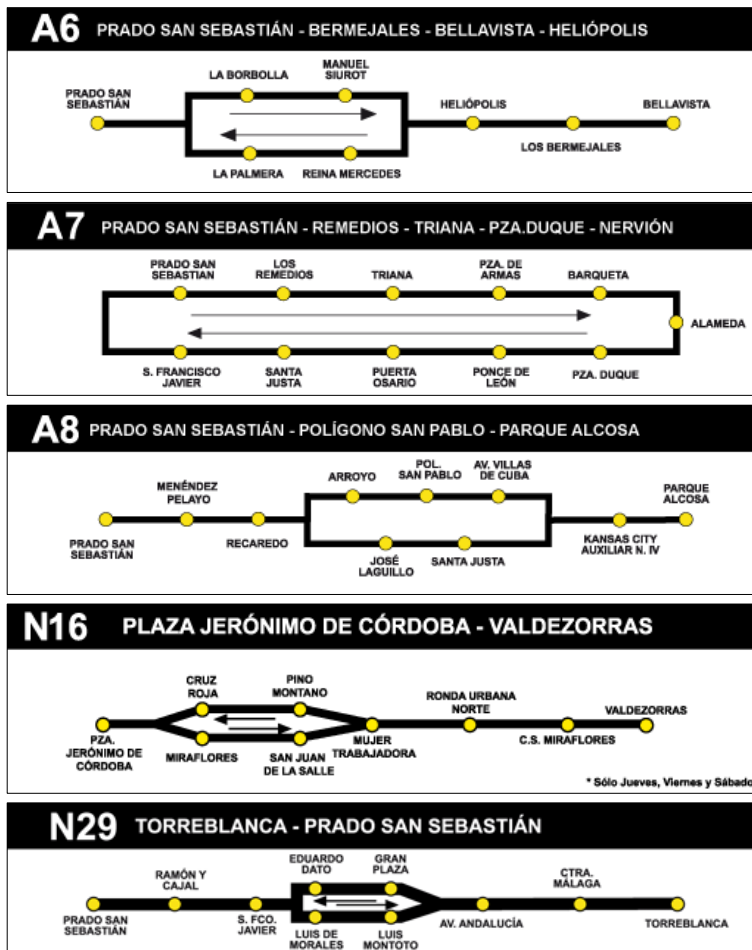
4.2.1.10. TRANVÍA



4.2.1.11. Nocturnas

A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 A8 N16 N29





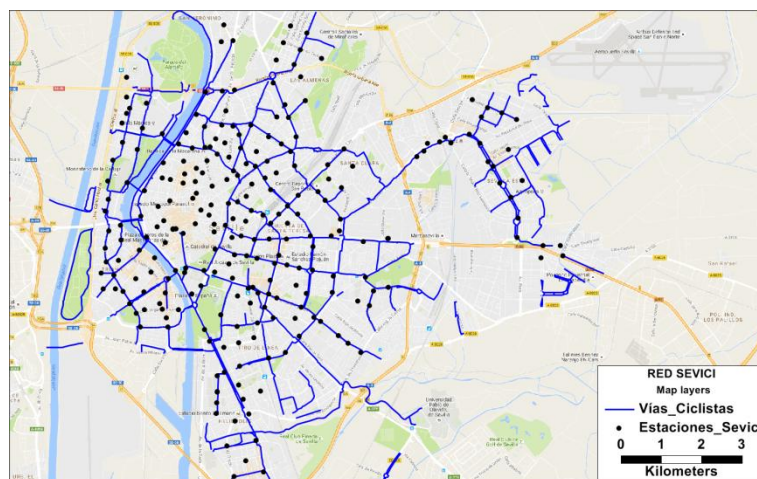


Figura 4.4. Red de carriles Bici de Sevilla
Fuente: Catalogo de Datos abiertos (www.sevilla.org)

La longitud de los itinerarios de los diferentes tramos tipológicos del término municipal, en base al plano que se adjunta, es la siguiente:

Tipología Carril	Longitud (m)	
Carriles Bici	16.152	10%
Aceras Bici	101.521	62%
Pistas Bici	18.530	11%
Sendas Bici	15.789	10%
Vías Caompratidas	12.296	7%
Longitud Total		16288 metros

Tabla 4.3. Estructura de los carriles bici de Sevilla
Fuente: Catalogo de Datos abiertos (www.sevilla.org)

4.2.2.1. Sistema Tarifario

En la actualidad, existe una tarjeta de Transporte integrado del Consorcio de Transportes Metropolitano de Sevilla que permite viajar y efectuar transbordos en la red de autobuses metropolitanos y desde ésta a la línea 1 del metro de Sevilla, a la red de Cercanías y los Transportes urbanos de Sevilla (TUSSAM), Dos Hermanas, Alcalá de Guadaíra, La Rinconada y Mairena del Alcor y viceversa.

Transbordos: El régimen de transbordos con la tarjeta de Transporte es el siguiente:

El sistema actual de coronas y saltos, títulos y tarifas es válido exclusivamente para los autobuses metropolitanos, que son los únicos en los que el Consorcio ha asumido competencias.

Cada modo de Transporte tiene su propia estructura tarifaria y zonal, en su caso, aprobada por los órganos competentes de su gestión.

Los transbordos entre modos se favorecen con un descuento sobre la tarifa de cada modo de acuerdo con la siguiente fórmula: $\text{coste transbordo} = \text{coste } 2^{\text{a}} \text{ etapa} - (\text{coste } 1^{\text{a}} + 2^{\text{a}} \text{ etapa}) * \% \text{ descuento}$ (hasta un 20%, en función de cada modo).

Los segundos y posteriores transbordos, en el periodo de 120 minutos desde la primera cancelación, se bonifican con el mismo porcentaje de descuento.

El área de Sevilla se estructura en 6 coronas (A,B,C,D,E y F). La zona A se corresponde con el término municipal de Sevilla.

El precio del billete dependerá entonces del número de saltos, o zonas, que se realizan desde el lugar de origen hasta su destino.

Número de Saltos	Billete Sencillo	Tarjeta Consorcio
0	1,45 €	0,97 €
1	1,55 €	1,00 €
2	1,65 €	1,15 €
3	2,15 €	1,59 €
4	2,80 €	2,17 €
5	3,55 €	2,96 €

Tabla 4.4. Tarificación autobuses metropolitanos

La imagen inferior muestra la digitalización del sistema tarifario, la matriz de saltos y las tarifas de los respectivos saltos.

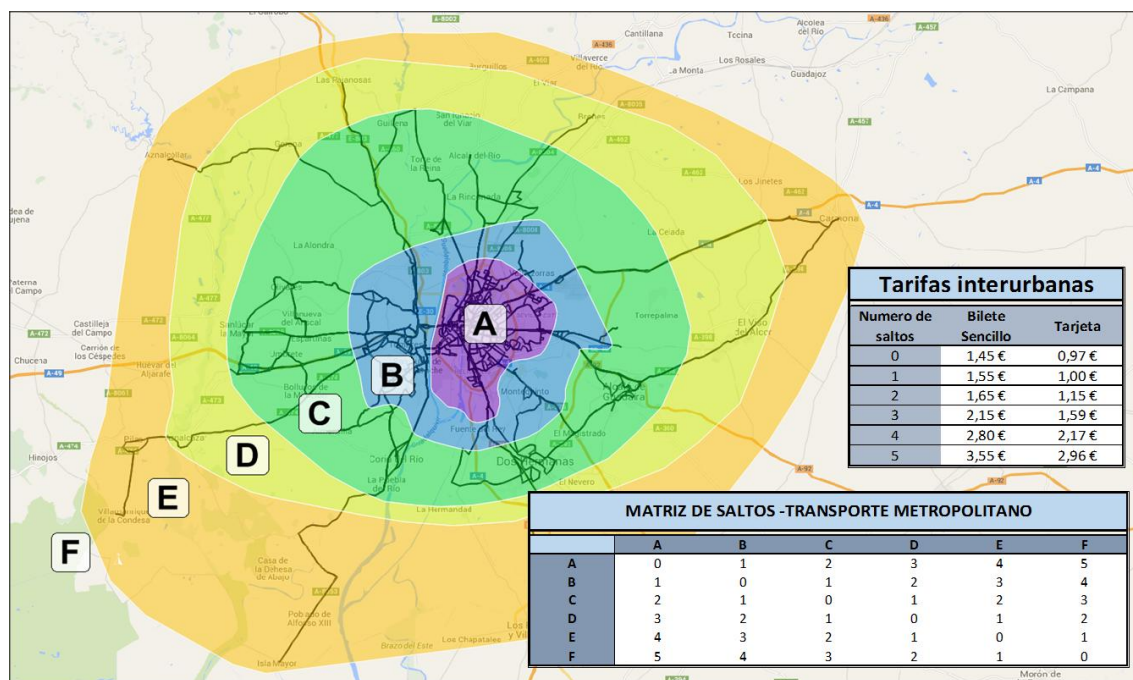


Figura 4.5. Mapa de zonificación tarifaria autobuses metropolitanos

4.2.3. Red de Transporte Público de Cercanías

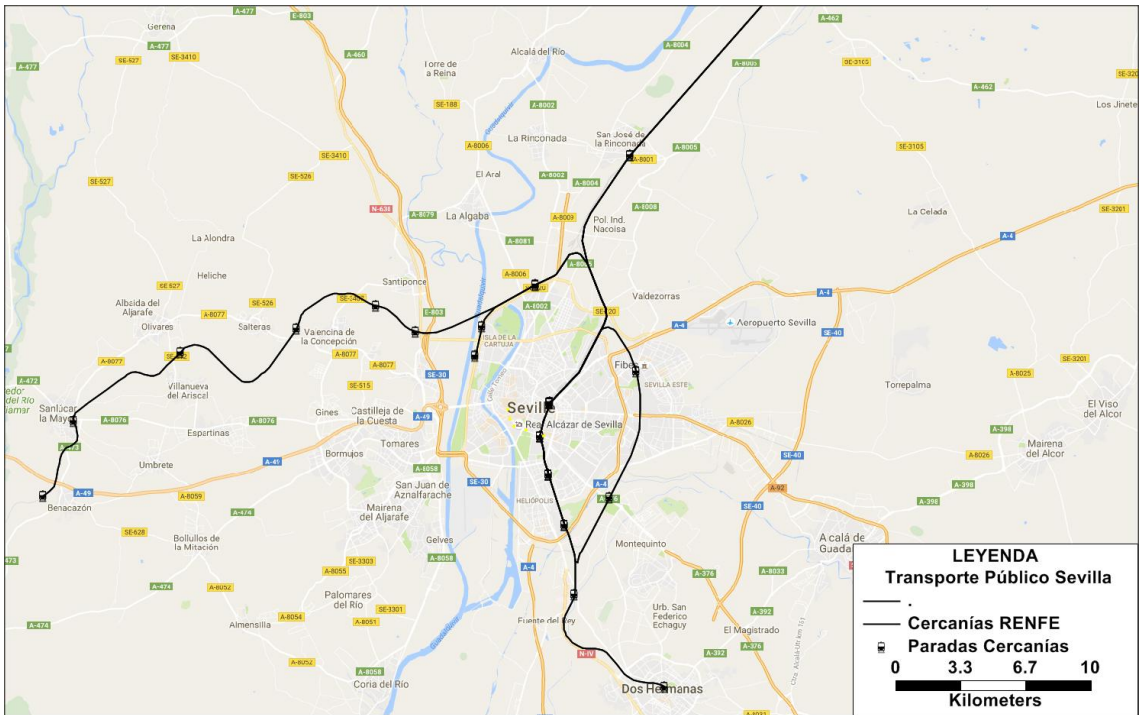


Figura 4.6. Red de Transporte Público de Cercanías

Dependiente del Ministerio de Fomento, la red ferroviaria de Cercanías de RENFE en el Área Metropolitana de Sevilla cuenta con 5 líneas en funcionamiento, una longitud total de 254 kilómetros de vías férreas y 38 estaciones (4 de ellas fuera de servicio: Don Rodrigo, Fábrica de Pedroso, La Salud y Arenillas), 22 estaciones se encuentran en el ámbito metropolitano de estudio.

El Cercanías atiende a trece localidades del Área Metropolitana (Dos Hermanas, Sevilla, La Rinconada, Brenes, Utrera, Benacazón, Sanlúcar La Mayor, Villanueva del Ariscal, Olivares, Salteras, Valencina de la Concepción, Santiponce y Camas).

▪ Vías y material Movil

La sistema de Cercanías de sevilla esta operado por Renfe Operadora sobre vías de ADIF de las siguientes líneas ferroviarias:

- Circunvalación ferroviaria de Sevilla
- Ramal ferroviario de la Cartuja procedente de la línea Sevilla-Huelva
- Línea Sevilla-Cadiz entre Sevilla y Lebrija
- Línea Alcázar de San Juan-Sevilla entre Lora del Río y Sevilla
- Línea Mérida-Sevilla entre Cazalla de la Sierra y Sevilla
- Línea Sevilla-Huelva entre Sevilla y Benacazón

Línea	Tipo Tren	Capacidad	Longitud Línea	Nº Paradas
C-1	serie 592	228 Pasajeros	106 km	16
C-2	serie 592	228 Pasajeros	13 km	4
C-3	Civia 465	997 Pas. (277 sentados)	84 km	13
C-4	serie 592	228 Pasajeros	18 km	5
C-5	serie 592	228 Pasajeros	33 km	10

Figura 4.7. Características técnicas de las líneas de Cercanías

▪ **El Sistema Tarifario:**

Los usuarios de esta red ferroviaria pueden optar por pagar un billete sencillo, de ida y vuelta o cualquiera de los abonos mensuales ofrecidos por Renfe.

La Tarjeta de Transporte del Consorcio puede utilizarse como medio de pago en la adquisición de billetes de cercanías.

Al igual que ocurría con los títulos de viaje de Autobuses Metropolitanos, el sistema de tarificación de la Red de Cercanías es zonal, y la tarifa a pagar por el viaje dependerá del número de zonas que el usuario tenga que atravesar para llegar a su destino.

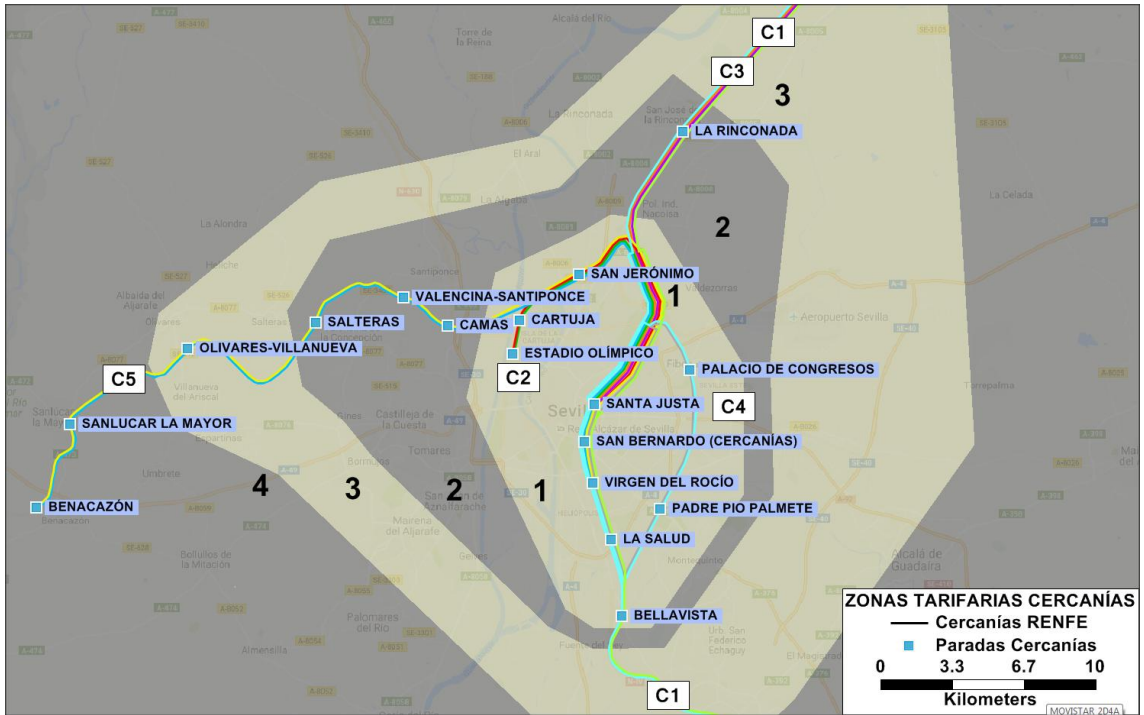


Figura 4.8. Mapa de zonificación tarifaria Cercanías

Número de Saltos	Billete Sencillo	Billete de ida y vuelta
1	1,80 €	2,55 €
2	2,00 €	2,65 €
3	2,70 €	4,10 €
4	3,55 €	5,20 €
5	4,15 €	6,20 €

Figura 4.9. Tarificación Cercanías

4.2.3.1. Descripción de las Líneas de Cercanías

4.2.3.1.1. Línea C-1 Lora del Río-Sevilla Santa Justa-Lebrija

La línea usa las vías de las líneas Alcázar de San Juan-Sevilla entre Lora del Río y Sevilla y la línea Sevilla-Cádiz hasta Lebrija, compartiéndolas con trenes de Media Distancia Renfe con destino Cádiz, Córdoba, Jaén, Málaga o Almería y con trenes de largo recorrido con destino Cádiz o Barcelona.

La línea es de doble vía electrificada en su totalidad y circulan mayoritariamente unidades Civia 465.

No todos los trenes recorren la línea en su totalidad, en hora punta se refuerzan la mitad sur o la mitad norte de la línea con trenes que arrancan o finalizan su recorrido en Sevilla-Santa Justa. La frecuencia en hora punta es de 15 minutos.

El recorrido completo, entre Lebrija y Lora del Río, conlleva aproximadamente 1 hora y 45 minutos

4.2.3.1.2. Línea C-2 Sevilla-Santa Justa-Cartuja

Esta línea aprovecha una infraestructura ya existente, el ramal de la Cartuja que parte de la línea Sevilla-Huelva. Cuenta con las estaciones ya existentes de **Estadio Olímpico** y **Cartuja** a las que se ha añadido la nueva estación de **San Jerónimo** que enlaza con la línea C-5. La línea es íntegramente de doble vía electrificada de ancho ibérico. La línea C-2 es explotada con 1 tren Civia, dando una frecuencia de paso de 1 hora a lo largo de todo el día. Sus horarios son idénticos tanto en semana como en fin de semana.

El 2 de diciembre de 2011 se inauguró de forma provisional la línea entre las estaciones de Santa Justa y Estadio Olímpico (sin efectuar parada en la estación de San Jerónimo) para dar servicio al Estadio Olímpico de la Cartuja con motivo de la final de la Copa Davis celebrada en Sevilla entre los días 2 y 4 de dicho mes. La línea fue finalmente inaugurada el 20 de febrero.

4.2.3.1.3. Línea C-3 Sevilla-Santa Justa-Cazalla-Constantina

Usa las vías de la línea Sevilla-Mérida, coincidiendo con la C-1 entre Sevilla y Los Rosales. Comparten vía con trenes de Media Distancia Renfe con destino Cáceres. La línea carece de electrificación a partir de Los Rosales, por lo que circulan por ella trenes de la serie 598.

La frecuencia de la línea es la más baja de la red de Cercanías ya que solo circulan al día cinco trenes en cada sentido.

4.2.3.1.4. Línea C-4 Circular

La línea circular C-4 conecta los barrios del este de la capital con el resto de la red. Usa la circunvalación ferroviaria de Sevilla y parte de la línea Sevilla-Cádiz. Es una línea con doble vía electrificada y

Su frecuencia es de 30 minutos a lo largo del día. Es de carácter urbana, ya que no abandona el término municipal de Sevilla, y es la primera por la que empezaron a circular los trenes Civia 462 que se incorporaron al parque móvil de este núcleo. En octubre de 2010 se eliminó uno de los sentidos de circulación, manteniéndose sólo el sentido horario. Antes de esta fecha, uno de los sentidos funcionaba durante todo el día, funcionando el otro sentido sólo en las horas punta de los días laborables en horario de invierno.

La C-4 tiene 18 km de longitud y se recorre completamente en 22 minutos. Funciona con una unidad Civia 465. Está previsto un nuevo apeadero que conecte con Metro de Sevilla en la futura estación Guadaíra, pendiente del futuro desarrollo urbanístico de los terrenos aledaños.

4.2.3.1.5. Línea C-5 Jardines de Hércules-Sevilla-Santa Justa-Benacazón

La línea C-5 usa las vías de las líneas Sevilla-Cádiz entre Jardines de Hércules y Sevilla-Santa Justa y la línea Sevilla-Huelva hasta Benacazón, compartiéndolas con trenes de Media Distancia Renfe con destino Cádiz, Córdoba, Jaén, Huelva, Málaga, Granada o Almería y con trenes de largo recorrido con destino Cádiz, Madrid o Barcelona.

Línea de doble vía electrificada hasta la estación de San Jerónimo (donde conecta con la línea C-2) y de vía única electrificada hasta Benacazón. Circulan unidades Civia 465. Su frecuencia de paso en hora punta es de 40 minutos.

La línea fue inaugurada el 27 de marzo de 2011.

En Otoño de 2015 se amplió la línea con estación terminal en Jardines de Hércules Bellavista.

4.2.3.1.6. Futuro de la red

Como se expuso anteriormente, en el tramo propio de la línea C-4 está proyectada la construcción del apeadero de **Guadaira** y también la ampliación de la línea C-2 hasta Blas Infante que servirá de conexión con la L-1 del Metro de Sevilla. Además se añadirá una nueva línea C-6, aprovechando el ramal de la línea C-4, que unirá el Aeropuerto de Sevilla, para cubrir en mayor medida el gran volumen de pasajeros que sustenta el Aeropuerto de la capital hispalense.

También hay otro debate puesto sobre la mesa y es, que en vez de esa línea hacia el aeropuerto gestionada por Renfe y Adif, tome otra alternativa como la construcción de la de una línea de metro L-6 del Metro de Sevilla.

4.2.4. Red de Transporte Público de Metro

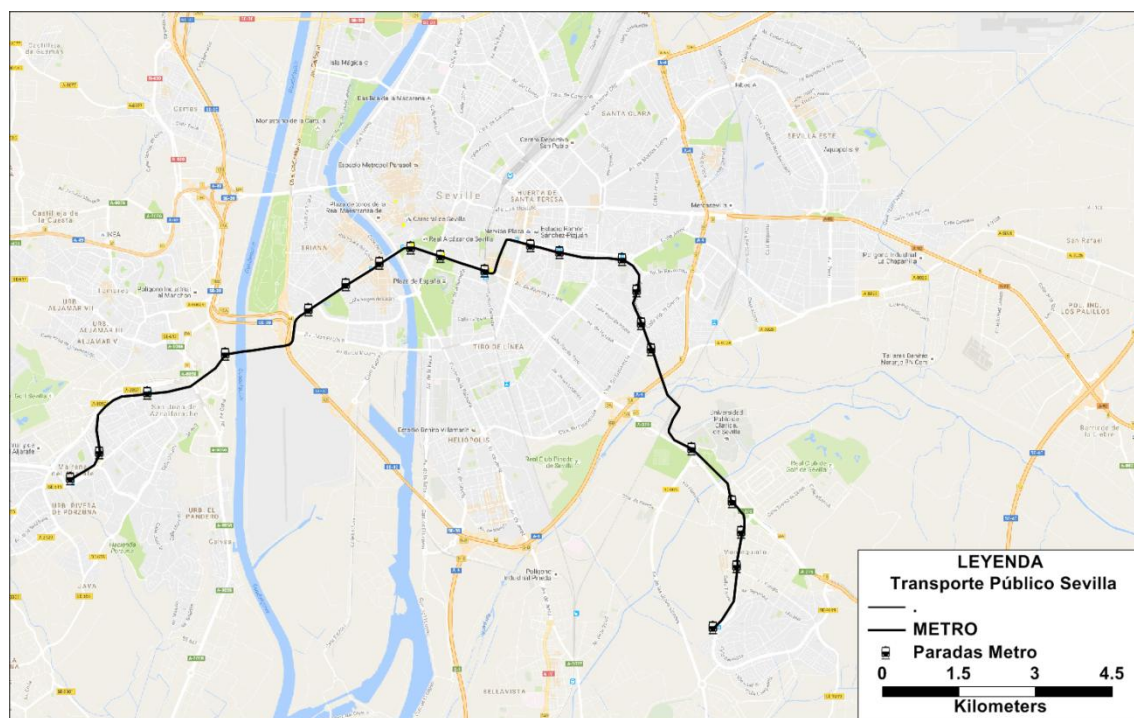


Figura 4.10. Red de Transporte Público de Metro L1
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

En servicio desde abril de 2009, la línea 1 del metro de Sevilla conecta la capital con dos puntos claves del área metropolitana de Sevilla: el Aljarafe y el núcleo de población de Montequinto en Dos Hermanas. Lo hace a través de un trazado de 18 Km. con 21 estaciones que combina tramos en subterráneo con tramos en superficie. Esta línea beneficia a una población servida de aproximadamente 230.000 habitantes, es decir, a todos los residentes incluidos en un perímetro de 500 metros alrededor de cada estación.

Consta de aparcamientos disuasorios en las estaciones terminales de Ciudad expo y Olivar de Quintos, así como en las estaciones de San Juan Alto, San Juan Bajo y Condequinto.

La frecuencia de paso de los trenes en hora punta se sitúa en torno a los 3 y 4 minutos, mientras que en las horas valle pasan trenes cada 5 ó 6 minutos. A partir de las 00:00, el tiempo de espera en el andén se eleva hasta los 12 ó 15 minutos.

El tiempo de recorrido de la línea entre sus dos estaciones terminales (Ciudad Expo-Olivar de Quintos) es de 42 minutos aproximadamente.

La prestación del servicio de Metro cuenta con un horario habitual y otros especiales, como las semanas de Feria y Semana santa, donde el horario y las frecuencias de paso se amplían. El horario habitual en días laborales es de 6:30 horas a 23:00 horas.

Todas las estaciones constan de ascensores que conectan la calle con los vestíbulos y andenes. Existen puertas de andén que garantizan que no se produzcan accesos indebidos o accidentales a la vía. El 100% de los trenes son de piso bajo, lo que garantiza la accesibilidad de todos los usuarios.

▪ **Vías y material móvil**

La tipología de esta primera línea es subterránea por los núcleos urbanos por los que transcurre, y en viaducto o en superficie con plataforma 100% segregada en las zonas no urbanizadas del exterior de los municipios.

La Línea 1 de Metro utiliza tranvías Urbos 2 de CAF con una capacidad de 202 pasajeros (145 de pie y 57 asientos), la velocidad máxima que alcanzan estas unidades es de 70 km/h, todos los tranvías son aptos para acoplar módulos y ampliar así su capacidad. El ancho vía de toda la red será de 1.435 mm y electrificada a 750 vcc, permitiendo tener toda la red conectada. El material móvil tiene un total de 31 metros de largo por 2,65 de ancho.

▪ **El Sistema Tarifario**

Los importes tarifarios del viaje se establecen en función del número de saltos que el usuario necesite efectuar entre las estaciones de origen y las de destino, entendiéndose como salto, el paso de una determinada zona tarifaria a otra diferente. Este sistema de tarifas por zonas y saltos es el que está implantado en otros medios de Transporte que prestan servicio en el área metropolitana de la ciudad, como son los autobuses interurbanos y la red de cercanías expuesto con anterioridad.



Figura 4.11. Zonificación tarifaria de la Línea 1 de Metro

Las estaciones de Blas Infante y Pablo de Olavide son “estaciones frontera” y se consideran comunes a los dos tramos confluyentes en ella. Si el viaje se realiza desde los tramos confluyentes hasta esa estación se considera de 0 saltos.

El sistema de pago utilizado en las instalaciones del metro es variable. El usuario puede optar por dos medios de pago diferentes: El título exclusivo del metro de Sevilla, o la tarjeta multimodal del consorcio de Transportes del área metropolitana de la ciudad.

TÍTULO EXCLUSIVO DEL METRO			
Modalidad	0 Saltos	1 Salto	2 Saltos
Billete Sencillo	1,35 €	1,60 €	1,80 €
Billete Ida/Vuelta	2,70 €	3,20 €	3,60 €
Bonometro	0,82 €	1,17 €	1,37 €

TÍTULO DEL CONSORCIO DE TRANSPORTES			
Modalidad	0 Saltos	1 Salto	2 Saltos
Bono con Transbordo	0,82 €	1,17 €	1,37 €

Tabla 4.5. Tarificación Línea 1 de Metro

El billete se encuentra subvencionado en gran parte por la Junta de Andalucía. En 2012 el billete costaba al viajero de 0,86 a 1,32 € mientras que el coste real era de 3,60 €.

4.3. MODELIZACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE EN EL ENTORNO DE TRASNCAD

4.3.1. Aspectos generales del Modelo Público

El modelo de Transporte debe integrar los diferentes niveles de información disponible, con objeto de reproducir el funcionamiento del actual sistema de Transportes Sevilla, desarrollando los modelos oportunos de demanda para la asignación de escenarios analizando los movimientos de la población, de itinerarios, etc.

Se trata de representar matemáticamente y de forma simplificada, a través de la herramienta de la planificación de Transporte, TrasnCAD, los patrones que siguen los viajes que se realizan entre las diferentes zonas en que se divide el territorio de análisis, así como el modo de Transporte en el que se producen dichos viajes y la ruta o camino utilizado.

El modelo debe ser capaz de analizar la movilidad de la población en día laborable en los diferentes modos de Transporte. Los problemas de congestión en la red viaria y la posible transferencia modal requerirán el desarrollo de modelos para los periodos punta, en las condiciones más desfavorables para cada modo. Por tanto, se tratará de desarrollar el modelo en hora punta en los que se producen las demandas más elevadas y por tanto establecen las condiciones más desfavorables.

4.3.2. La red viaria base del modelo Público

El modelo incluye la definición del grafo viario, con sus características funcionales de trazado, capacidad, velocidad, etc.. La generación y determinación de esta red viaria, base del modelo Público, se explico con anterioridad en el *capítulo 3 El Modelo Privado de Transporte*.

Cabe destacar un aspecto importante en la creación de la red, es la introducción, sobre el grafo viario, de determinados arcos que discurren paralelos a la red existente y que definen las **vías de uso exclusivo de Transporte Público de autobuses**. Esta diferenciación tiene especial importancia sobre los tiempos de recorrido del Transporte Público, ya que en estas vías no influirá la congestión producida por el tráfico privado.

Este hecho toma especial importancia en ciertos puntos del territorio, por ejemplo en la conexión del territorio del Aljarafe con el municipio de Sevilla, donde los volúmenes de tráfico sobre la SE-30 en dirección Sevilla son particularmente altos en periodos de hora punta, generando unos niveles de congestión y por tanto de demora de viaje significativos. En este punto, todo el tráfico Público que circula por carretera es desviado el Puente de Hierro, pasarela de uso exclusivo de Transporte Público, por tanto, en este tramo, los tiempos de de recorrido del trafico Público se reducen sustancialmente. Las líneas del Transporte metropolitano que se benefician de esta plataforma reservada son: M-162, M-140, M-143, M-151, M-152, M-153).

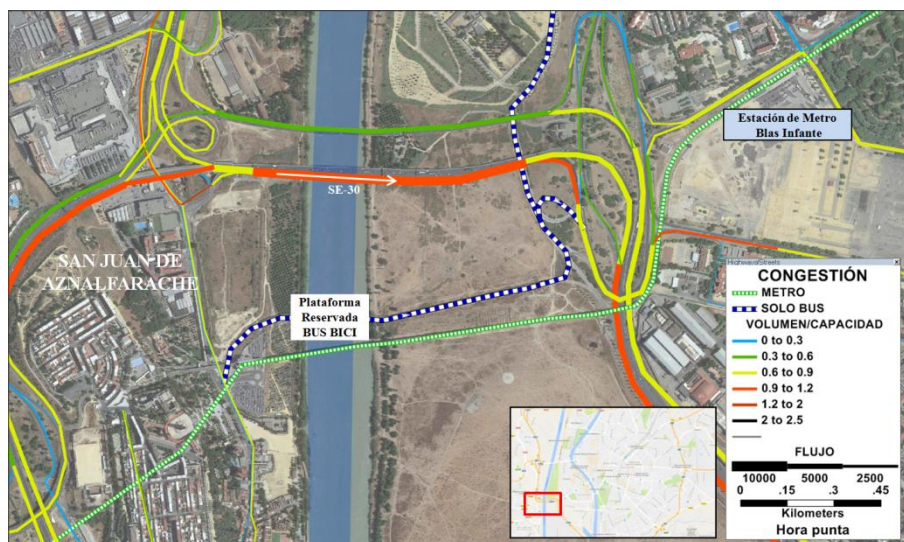


Figura 4.12. Estructura de la red pública, Plataforma reservada BUS BICI
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

Ya en el ámbito municipal de Sevilla, los movimientos de entrada y salida de la estación de autobuses de Plaza de Armas también disponen de carriles exclusivos del tráfico Público, lo que confiere a las líneas que discurren por estas vías y que tienen como parada terminal la estación, una mejora en los tiempos de viaje.

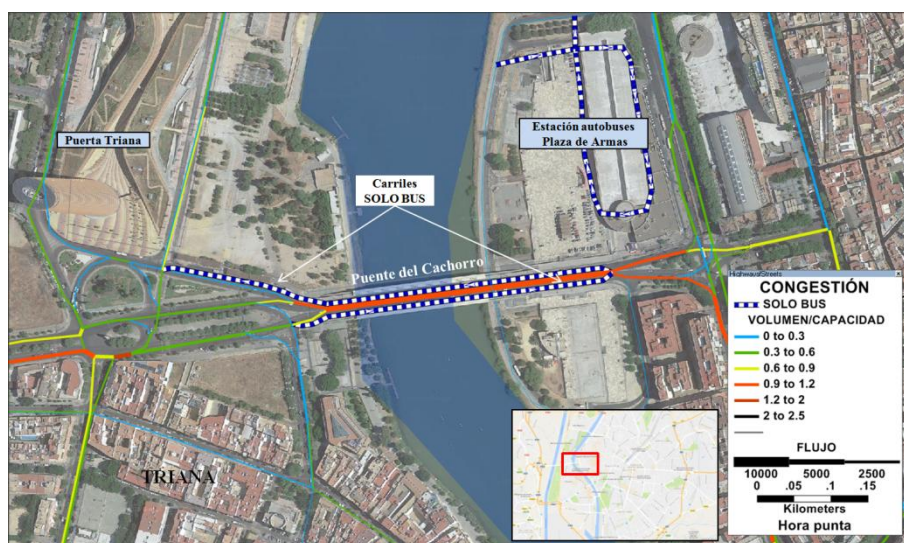


Figura 4.13. Estructura de la red pública, Carriles exclusivos autobús, Puente del Cachorro
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

También se modelan este tipo de carriles de uso exclusivo en muchas arterias principales de la ciudad, donde el tráfico privado es muy intenso, un ejemplo es el anillo que bordea el centro de la ciudad, formado por las siguientes vías: Calle Torneo, Calle Resolana, Calle Muñoz León, Ronda de Capuchinos, Calle María Auxiliadora, Calle Recreado, Avenida de Méndez Pelayo, Avenida Maria Luisa. En el marco actual, estas carreteras disponen, en ciertos tramos, de hasta 2 carriles exclusivos, uno para parada y otro para circulación, esto hace que la parada en apeadero de un vehículo no entorpezca la ruta de los vehículos que le siguen.

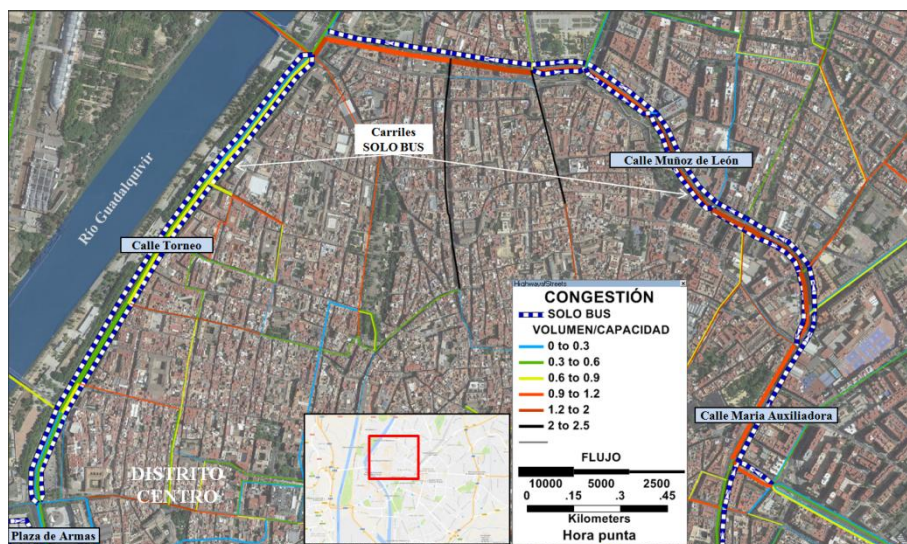


Figura 4.14. Estructura de la red pública, Carriles exclusivos autobús, anillo distrito centro
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

Adicionalmente, fueron introducidos en el grafo de red, los arcos correspondientes a las líneas ferroviarias usadas por los diferentes modos de Transporte ferroviario de la ciudad (Cercanías Metro y Metro-centro), estos arcos, al igual que los que definen las vías exclusivas mencionadas anteriormente, no son accesibles al Transporte privado y por tanto, aun formando parte de la red base, no deben ser introducidas en el modelo privado.

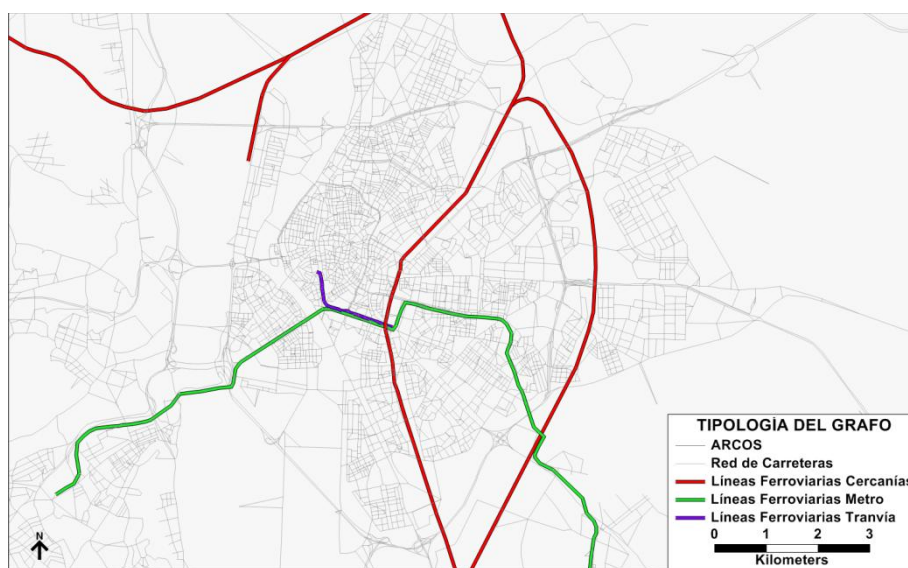


Figura 4.15. Estructura de la red pública, red de ferrocarriles
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

Los arcos que forman la red ferroviaria del sistema de Transporte Público están desacoplados del resto de arcos de la red privada, es decir, no comparten ninguno de sus nodos, por tanto, es necesario conectarlos para que los movimientos de los usuarios entre un punto y otro de la red sean posibles, para ello, han de generarse nuevos arcos que conecten la red de carreteras y/o peatonal con las estaciones de las líneas ferroviarias tal y como se describe más adelante en el apartado **¿Error! No se encuentra el origen de la referencia. ¿Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

4.3.3. La red peatonal del Modelo Público

La movilidad de los viajeros en transporte público se caracteriza por la necesidad de alcanzar el sistema de transporte desde el punto de origen. Este movimiento puede realizarse a pie o en transporte privado, no

obstante, en este modelo no se tiene en cuenta la posibilidad de llegar al sistema de transporte mediante vehículo privado, lo que se conoce como "Park-&-Ride", si no que todos los movimientos de acceso al sistema público de transporte se supondrán a pie, esta hipótesis no tendrá especial relevancia en los resultados de la asignación y simplifica en gran medida la calibración del modelo.

Los movimientos de accesos al sistema, los transbordos entre modos y finalmente la dispersión se propagaran por determinadas vías de la ciudad, habrá por tanto que determinar el conjunto de arcos que serán transitables peatonalmente. La mayoría de los arcos que forman la red privada son transitables a pie, sólo los arcos que corresponden con ciertas autovías y autopistas de la red de carreteras están cerradas a los movimientos de la peatonales, también lo están, como es lógico, las líneas de ferrocarriles que recorren la ciudad.

La imagen inferior muestra, en color rojo, las vías no transitables peatonalmente.

Cabe destacar la creación de un conjunto de nuevos arcos que representan el entramado de calles urbanas, tanto en el ámbito municipal como en el metropolitano, que mejoran en gran medida la veracidad del modelo de transporte. La generación de estos arcos adicionales tiene como objetivo proporcionar una conectividad razonable, de manera que estos arcos pueden representar calles de acceso restringido al tráfico rodado, estaciones de acceso o zonas de la ciudad como parques y jardines que puedan ser atravesados a pie.

Estos arcos solo serán destinados en la asignación para los flujos peatonales de accesos salidas y transbordos, por tanto, no es necesario atribuirles características de tráfico como número de carriles, sentido de circulación etc..

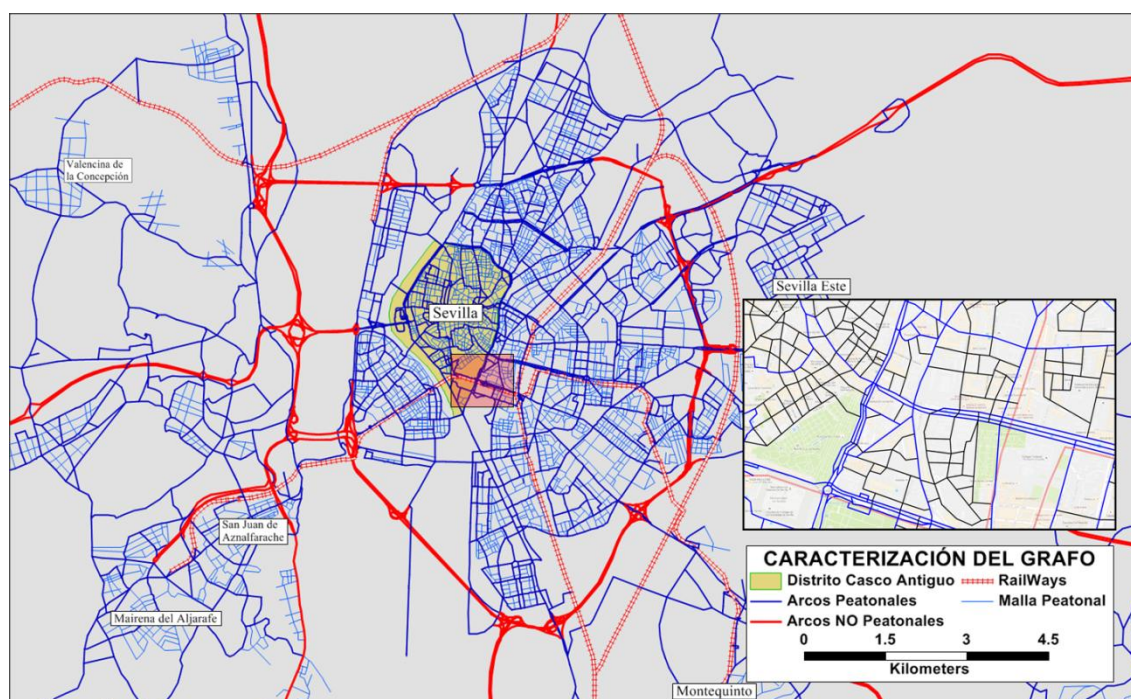


Figura 4.16. Detalle de la red peatonal del grafo
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

4.3.3.1. El acceso peatonal al sistema ferroviario

Las rutas que forman cada línea del Transporte Público han de estar convenientemente conectadas con la malla de viario Público.

La red pública de autobuses, líneas metropolitanas y urbanas, han sido generadas sobre la red de privado, dicha red ya tiene una buena conectividad entre los arcos y sus centroides, (esta configuración se aclarará más adelante) además, contiene un campo (*Peatonal*) que toma valor "1" si el arco correspondiente es transitable a pie y "0" en caso contrario. Por tanto, la conectividad de estas líneas está garantizada.

No ocurre lo mismo con las líneas pertenecientes a los otros 3 tipos de Transporte, la línea 1 de metro, la red de Cercanías y El tranvía. Estas redes no son accesibles al tráfico privado y mucho menos al peatonal. Los arcos que definen estas líneas están por tanto desacopladas del resto, este hecho hace que no exista conectividad, necesaria entre la red y las líneas de este tipo.

Para solucionar este desacoplamiento se han generado nuevos arcos que unirán los nodos de cada parada de dichas líneas con los nodos cercanos de la red; podría decirse entonces, que estos nuevos arcos representan en realidad, las entradas y vestíbulos peatonales a los andenes de cada parada.

En las imágenes inferiores se muestran dos ejemplos de cómo queda el modelo una vez incluidos dichos conectores, representados en color amarillo.



Figura 4.17. Detalle Conexión entre la Red Pública y las Líneas de ferrocarriles, República Argentina (Izq.), San Bernardo (Dcha.)
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

4.3.4. Digitalización de la oferta del Transporte Público

La estructura de datos que conforman la red de Transporte Público, atendiendo al modelo de datos específico del software TransCAD, está formada por una red de carreteras o viario base, que coincide con la red de carreteras utilizada como oferta del Transporte privado, cuya generación se ha ido desarrollando hasta el momento. Sobre esta red discurrirán las líneas de Transporte Público urbano e interurbano, a la que se le añadieron un conjunto de arcos complementarios para las líneas ferroviarias, todas ellas con sus correspondientes paradas.

4.3.4.1. Digitalización de las rutas del Transporte Público

El proceso de generación de la Red de Transporte Público, o "Route System" según la terminología del software TransCAD, depende en gran medida de los datos de partida que se dispongan y su formato.

Generalmente los operadores del Transporte Público suministran información de las líneas y sus rutas en formato imagen (*.png, *.tif, *.pdf, *.jpg), de este modo no se podrán digitalizar las rutas en el entorno de TransCAD de manera masiva y consecuentemente la generación de la red será más tediosa.

El proceso de creación del modelo de Transporte de este estudio fue en su totalidad manual y basado en los mapas de rutas de los distintos modos de Transporte que dan servicio en la Ciudad.

Parámetro	Descripción
Route_ID	Identificador único automático de la ruta.
Route_Name	Nombre de la ruta.
Reversa	Determina el sentido de la ruta. Toma valor (1) si el sentido de la ruta es de vuelta, la ausencia de valor determina el sentido de la ida.
Longitud_linea(km)	Longitud de la línea en cada sentido de circulación. Este valor puede variar frente a los ofrecidos por las entidades del transporte pues está calculado sobre los arcos del modelo.
HeadWayHPM(min)	Determina el intervalo entre vehículos de la ruta, en minutos, en hora punta de mañana (7:30-9:30).
HeadWayD(min)	Determina el intervalo entre vehículos de la ruta, en minutos, medio de una jornada.
veh/hora	Ajusta la frecuencia de paso de los vehículos.
Cap/veh	Determina la capacidad los vehículos que operan en la ruta.
PCE	Factor de equivalencia del vehículo frente al transporte privado, representa, esencialmente, el impacto que tiene cada modo de transporte sobre el tráfico de la vía. El valor típico de equivalencia de un autobús es de 3.5.
CapRuta(pas/hora)	Determina la capacidad de la ruta en pasajeros/hora.
Name	Nombre completo de la línea (lugar de origen - lugar de destino).
Origen	Lugar de origen de la ruta.
Destino	Lugar de destino de la ruta.
T_inicio	Hora inicio del servicio de la ruta.
T_fin	Hora de finalización del servicio de la ruta
Tipo	Modo de transporte al que pertenece la ruta.

Tabla 4.6 . Parámetros que caracterizan el Sistema de Rutas
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

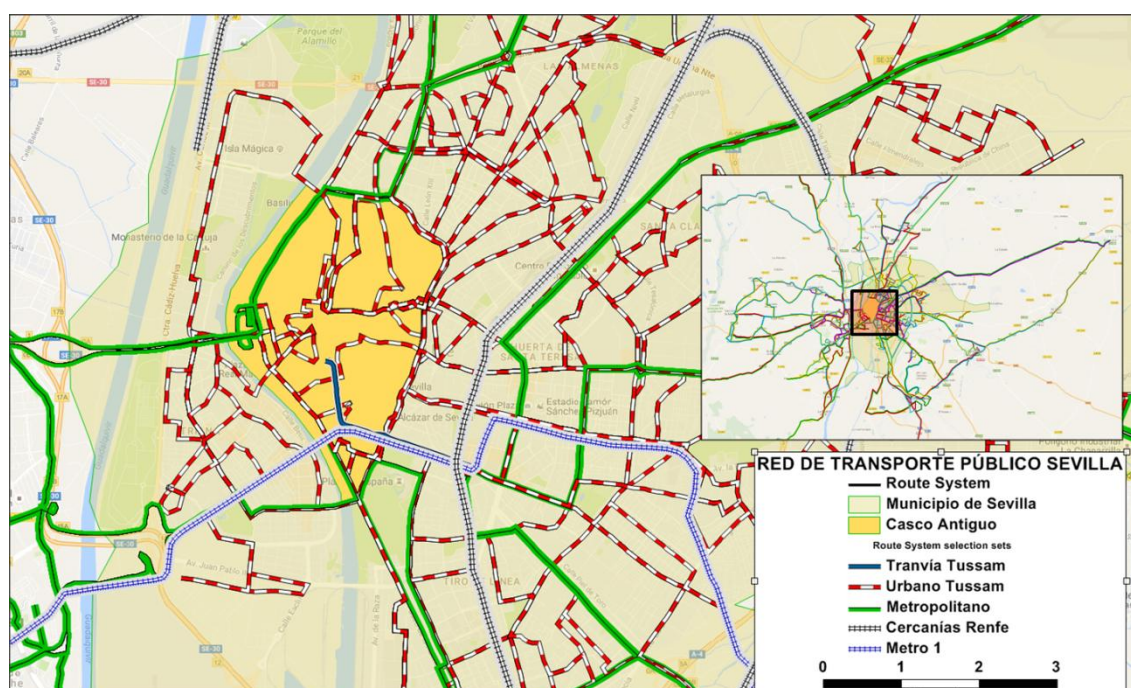


Tabla 4.7. Detalle digitalización del Sistema de Rutas, Distrito Casco Antiguo

El mapa superior muestra un detalle de la digitalización del Sistema de Rutas en el entorno de TrasnCAD.

Se cuenta finalmente con un conjunto de 200 rutas que se estructuran de la siguiente forma:

Modo de Transporte	Rutas	Líneas ida/vuelta	Líneas Circulares	Longitud digitalizada	Nº paraderos digitalizados
Autobuses urbanos Tussam	78	36	6	688 km	1.689
Autobuses Metropolitanos	108	53	2	2.345 km	1.545
Cercanías	10	4	2	288 km	62
Metro	2	1	0	39 km	42
Tranvía Urbano Tussam	2	1	0	5 km	10
total Sistema de Transporte: 200		95	10	3.105 km	3348

Tabla 4.8. Resumen de la digitalización de las rutas
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

**Los datos de la tabla superior se han obtenido del modelo generado en TransCAD, por tanto, puede haber ciertas variaciones frente a los aportados por los operadores del transporte*

El conjunto de las líneas que se recogen en la tabla inferior no dan servicio a los usuarios en la franja horaria de hora punta de este estudio, y por tanto no se han introducido como rutas activas en la asignación de la demanda.

Tipo	Línea	Origen	Destino
Cercanías	C3	Santa Justa	Brenes
Aurbanos	C5	Circular Casco Antiguo	Circular Casco Antiguo
Autobuses metropolitanos	M-221	Sevilla	Utrera
	M-121	Sevilla	Alcalá de Guadaira
	M-123	Sevilla	Alcalá de Guadaira (por Quinti
	M-140	Puebla del Río (por Peña Bétic	Sevilla
	M-164	Sevilla	Bormujos (por Santa Eufemia)
	M157	Bollullos de la Mitación	Sevilla
	M157	Sevilla	Bollullos de la Mitación
	M-169	Sevilla	Villamanrique
	M-158	Sevilla	Bollullos de la Mitación
	M-167	Sevilla	Villanueva
	M-166	Sevilla	Sanlúcar la Mayor
	M-167	Villanueva	Sevilla
	M-176	Sevilla	Aznalcóllar
	M-170B	Sevilla	Las Pajanosas (Guillena)
	M-170B	Las Pajanosas (Guillena)	Sevilla
	M-170A	Sevilla	Camas
	M-170A	Camas	Sevilla
	M-114	Torre de la Reina	Sevilla
	M-114	Sevilla	Torre de la Reina
	M-132B	Dos Hermanas (por P. la Isla)	Sevilla
	M-106	Alcalá de Guadaira	Carmona
	M-106	Carmona	Alcalá de Guadaira
	M-165	Sevilla	Castilleja del Campo
	M-164	Bormujos (por Santa Eufemia)	Sevilla

Tabla 4.9. Líneas no operativas en horario de 7:30 a 9:30

A continuación se mostrarán los parámetros que caracterizan cada una de las líneas del sistema de transporte:

4.3.4.1.1. Tabla de atributos de las líneas de autobuses urbanos TUSSAM

Route_ID	Route_Name	Name	[Longitud_linea[km]]	[HeadWay(min)]	[HPM]	[veh/hora]	[HPM]	[HeadWay(min)]	[DIA]	[veh/hora]	[DIA]	[Cap/veh]	[Cap/futa]	[pas/hora]	[HPM]	T_inicio	T_fin	N_paradas	Nparadas
597 1	Polígono Norte	Hospital Virgen del Rocío	9.23	6.00	10.00	9.48	6.33	120		1200.00		6.00	0.05	23	24				
1007 10	Ponce de León	San Jerónimo	6.58	8.57	7.00	10.49	5.72	120		840.00		6.00	23.59	20	20				
1009 10r	Ponce de León	San Jerónimo	4.72	8.57	7.00	10.79	5.56	120		840.00		6.07	0.00	13	13				
904 11	Ponce de León	Los Príncipes	3.67	10.91	5.50	12.15	4.94	120		660.00		6.00	23.51	10	10				
634 11r	Ponce de León	Los Príncipes	3.79	10.00	6.00	12.42	4.83	120		720.00		6.02	23.55	12	12				
903 12	Ponce de León	Pino Montano	5.57	4.14	14.50	7.30	8.22	120		1740.00		6.00	23.49	16	16				
635 12r	Ponce de León	Pino Montano	7.01	4.14	14.50	7.56	7.94	120		1740.00		6.03	23.55	22	22				
906 13	Plaza del Duque	Pino Montano	7.74	4.44	13.50	7.88	7.61	120		1620.00		6.00	0.04	22	22				
907 13r	Plaza del Duque	Pino Montano	9.53	4.29	14.00	7.88	7.61	120		1680.00		6.06	0.14	26	26				
1005 14	Plaza del Duque	Polígono Norte - Las Golondrina	4.24	15.00	4.00	16.13	3.72	120		480.00		6.00	23.56	12	12				
1006 14r	Plaza del Duque	Polígono Norte - Las Golondrina	3.50	15.00	4.00	16.13	3.72	120		480.00		6.08	0.02	10	10				
1011 15	Ponce de León	San Diego	4.78	10.91	5.50	12.85	4.67	120		660.00		6.00	23.48	13	13				
1012 15r	Ponce de León	San Diego	4.22	8.00	7.50	12.55	4.78	120		900.00		6.07	23.54	13	13				
905 16	Valdezas	Rioalto	9.10	20.00	3.00	29.13	2.06	120		360.00		6.00	23.30	16	16				
906 16r	Valdezas	Rioalto	10.85	24.00	3.00	28.44	2.11	120		300.00		6.30	0.00	22	22				
902 1r	Polígono Norte	Hospital Virgen del Rocío	7.97	6.00	10.00	9.55	6.28	120		1200.00		6.06	0.08	21	21				
637 2	Barqueta	Heldipolis	10.88	5.71	10.50	7.60	7.89	120		1260.00		5.44	0.14	27	27				
887 20	Ponce de León	Polígono San Pablo	6.63	10.91	5.50	12.85	4.67	120		660.00		6.00	23.55	19	19				
888 20r	Ponce de León	Polígono San Pablo	5.83	10.91	5.50	12.71	4.72	120		660.00		6.04	23.56	15	15				
860 21	Plaza de Armas	Polígono San Pablo	9.00	10.91	5.50	12.42	4.83	120		660.00		6.00	0.00	20	20				
984 21r	Plaza de Armas	Polígono San Pablo	9.01	10.91	5.50	13.33	4.50	120		660.00		6.04	0.04	21	21				
896 22	Prado San Sebastián	Sevilla Este	13.16	10.00	6.00	12.55	4.78	120		720.00		6.00	0.03	29	30				
895 22r	Prado San Sebastián	Sevilla Este	12.69	9.23	6.50	12.27	4.89	120		780.00		6.07	23.26	30	30				
884 24	Ponce de León	Juan XXIII - Palmete	8.30	9.23	6.50	11.49	5.22	120		780.00		6.00	0.05	23	23				
885 24r	Ponce de León	Juan XXIII - Palmete	7.98	9.23	6.50	11.49	5.22	120		780.00		6.08	0.10	22	22				
1028 25	Prado San Sebastián	Rochelambert	5.53	10.00	6.00	11.61	5.17	120		720.00		6.00	23.46	16	16				
1029 25r	Prado San Sebastián	Rochelambert	5.93	10.00	6.00	11.61	5.17	120		720.00		6.08	23.53	16	16				
1016 26	Prado San Sebastián	Cerro del Águila	4.87	9.23	6.50	10.49	5.72	120		780.00		6.00	23.54	14	14				
661 26r	Prado San Sebastián	Cerro del Águila	5.16	8.57	7.00	10.58	5.67	120		840.00		6.08	23.59	12	12				
894 27	Plaza del Duque	Sevilla Este	11.28	5.71	10.50	7.88	7.61	120		1260.00		5.54	0.17	29	29				
893 27r	Plaza del Duque	Sevilla Este	11.59	5.45	11.00	8.24	7.28	120		1320.00		6.00	23.51	28	27				
1001 28	Prado San Sebastián	Parque Alcosa	12.07	7.06	8.50	8.93	6.72	120		1020.00		5.00	0.02	25	25				
1000 28r	Prado San Sebastián	Parque Alcosa	10.40	7.06	8.50	9.00	6.67	120		1020.00		5.11	0.05	16	16				
897 29	Prado San Sebastián	Torreblanca	12.73	7.06	8.50	9.55	6.28	120		1020.00		5.30	2.30	25	25				
1004 29r	Prado San Sebastián	Torreblanca	10.42	7.06	8.50	9.48	6.33	120		1020.00		5.37	2.08	20	20				
638 2r	Barqueta	Heldipolis	10.78	5.71	10.50	7.60	7.89	120		1260.00		5.50	0.15	28	28				
877 3	Bellavista	San Jerónimo - Pinomontano	21.03	10.91	5.50	13.67	4.39	120		660.00		6.00	0.31	59	59				
879 30	Prado San Sebastián	La Paz	5.57	10.91	5.50	13.86	4.33	120		660.00		6.00	23.50	15	15				
990 30r	Prado San Sebastián	La Paz	5.07	10.91	5.50	14.02	4.28	120		660.00		6.07	23.53	13	13				
989 31	Prado San Sebastián	Polígono Sur	6.74	15.00	4.00	15.87	3.78	120		480.00		6.00	23.46	18	18				
881 31r	Prado San Sebastián	Polígono Sur	6.72	15.00	4.00	16.35	3.67	120		480.00		6.04	23.52	20	20				
870 32	Plaza del Duque	Polígono Sur	9.72	8.57	7.00	9.23	6.58	120		840.00		6.00	0.06	26	26				
880 32r	Plaza del Duque	Polígono Sur	7.83	7.50	8.00	9.32	6.44	120		960.00		6.10	0.11	22	22				
870 34	Prado San Sebastián	Los Bermejales	7.81	8.57	7.00	10.58	5.67	120		840.00		6.00	23.55	22	22				
871 34r	Prado San Sebastián	Los Bermejales	6.23	8.00	7.50	11.26	5.33	120		900.00		6.13	23.59	18	17				
987 37	Puerta Jerez	Pedro Salvador - Bellavista	10.06	8.57	7.00	10.79	5.56	120		840.00		6.09	0.07	28	27				
988 37r	Puerta Jerez	Pedro Salvador - Bellavista	10.23	7.50	8.00	10.49	5.72	120		960.00		6.00	23.29	29	29				
1015 38	Prado San Sebastián	Univ. Pablo Olavide	8.50	15.00	4.00	25.75	2.33	120		480.00		7.05	22.25	14	14				
1014 38r	Prado San Sebastián	Univ. Pablo Olavide	7.83	17.14	3.50	24.59	2.44	120		420.00		7.35	22.55	12	12				
719 39	Los Arcos	Hac. S. Antonio	7.03	30.00	2.00	38.46	1.96	120		240.00		7.20	23.30	12	12				
721 39r	Los Arcos	Hac. S. Antonio	9.24	40.00	1.50	37.27	1.61	120		180.00		7.00	23.20	19	19				
853 3r	Bellavista	San Jerónimo - Pinomontano	20.86	10.91	5.50	13.86	4.33	120		660.00		6.09	0.40	55	54				
864 40	Plaza Magdalena	El Tardón - Triana	4.23	12.00	5.00	13.86	4.33	120		600.00		6.00	23.41	11	11				
986 40r	Plaza Magdalena	El Tardón - Triana	3.52	10.91	5.50	13.86	4.33	120		660.00		6.05	23.45	11	11				
865 41	Plaza Magdalena	Los Remedios - Tablada	8.38	15.00	4.00	17.14	3.50	120		480.00		6.00	23.52	20	20				
866 41r	Plaza Magdalena	Los Remedios - Tablada	6.66	13.33	4.50	16.62	3.61	120		540.00		6.04	23.59	16	16				
982 43	Plaza Magdalena	El Tardón	4.75	10.91	5.50	12.85	4.67	120		660.00		6.00	23.45	13	13				
983 43r	Plaza Magdalena	El Tardón	4.26	10.00	6.00	12.71	4.72	120		720.00		6.09	23.54	13	13				
863 5	Puerta Triana	Santa Aurelia	10.02	7.50	8.00	9.72	6.17	120		960.00		5.56	0.26	24	24				
770 52	San Bernardo	Gran Plaza - Palmete	8.05	13.33	4.50	17.70	3.39	120		540.00		6.00	23.55	26	26				
1017 52r	San Bernardo	Gran Plaza - Palmete	8.61	15.00	4.00	16.85	3.56	120		480.00		6.07	0.03	23	23				
900 53	Los Arcos	Centro Penitenciario Sevilla I	13.23	6.00	10.00	21.58	2.78	120		1200.00		6.00	23.55	7	8				
901 53r	Los Arcos	Centro Penitenciario Sevilla I	13.65	6.00	10.00	21.58	2.78	120		1200.00		6.07	0.03	7	7				
886 5r	Puerta Triana	Santa Aurelia	10.75	7.50	8.00	10.49	5.72	120		960.00		6.00	0.30	27	27				
869 6	Gta. S. Lázaro	Hospital V. Rocío	12.43	8.00	7.50	10.91	5.50	120		900.00		6.00	0.13	34	34				
858 6r	Gta. S. Lázaro	Hospital V. Rocío	10.90	8.57	7.00	11.36	5.28	120		840.00		6.05	0.17	28	28				
889 83	Gran Plaza-Polígono San Pablo-Santa Clara		6.40	24.00	2.50	35.93	1.67	120		300.00		6.00	23.36	19	19				
890 83r	Gran Plaza-Polígono San Pablo-Santa Clara		5.59	24.00	2.50	35.93	1.67	120		300.00		6.05	23.41	18	18				
891 84	San Bernardo	Alcosa - Sevilla Este - Torreblanca	18.70	17.14	3.50	19.61	3.06	120		420.00		6.00	0.30	49	49				
892 84r	San Bernardo	Alcosa - Sevilla Este - Torreblanca	14.07	17.14	3.50	20.00	3.00	120		420.00		6.10	23.36	35	35				
967 C1	Circular exterior 1		15.87	6.00	10.00	7.94	7.56	160		1600.00		6.00	0.11	39	39				
968 C2	Circular exterior 2		15.87	6.00	10.00	8.37	7.17	160		1600.00		5.50	23.59	39	39				
857 C3	Circular Interior 1		9.52	4.62	13.00	7.94	7.56	160		2080.00		6.00	3.04	23	24				
862 C4	Circular Interior 2		8.52	7.06	8.50	8.71	6.89	160		1360.00		6.00	23.54	23	23				
856 C5	Circular Interior 5		11.85	0.00	0.00	41.67	1.44	120		0.00		9.50	21.49	39	39				
915 CGA	Circular Macarena Norte Sentido A		27.16	60.00	1.00	98.36	0.61	120		120.00		5.55	0.20	32	33				
861 EA	Plaza de Armas	Aeropuerto	17.09	24.00	2.50	12.15	4.94	120		300.00		4.30	0.45	12	12				
985 EAr	Plaza de Armas	Aeropuerto	16.34	24.00	2.5														

4.3.4.1.2. Tabla de atributos de las líneas de Autobuses Metropolitanos del Consorcio

Route_ID	Route_Name	Name	[Longitud_linea(km)]	[HeadWay(min)]HPM	[veh/horaHPM]	[HeadWay(min)]DIA	[veh/horaDIA]	[Cap/veh]	[CapRuta(pas/hora)]HPM	Nparadas
955 M-101-A	Circular del Aljarafe-(Sentido A)		20.72	40.00	1.50	45.80	1.31	100	150.00	33
954 M-101-B	Circular del Aljarafe-(Sentido B)		20.82	60.00	1.00	66.67	0.90	100	100.00	33
960 M-102-A	Circular Externa-(Sentido A)-Aljarafe		45.52	120.00	0.50	125.00	0.48	100	50.00	24
961 M-102-B	Circular Externa-(Sentido B)-Aljarafe		45.52	120.00	0.50	125.00	0.48	100	50.00	24
1022 M-104	Alcalá de Guadaira-Hospital de Valme		19.74	60.00	1.00	88.24	0.68	100	100.00	12
1023 M-104r	Alcalá de Guadaira-Hospital de Valme		19.74	120.00	0.50	89.55	0.67	100	50.00	12
980 M-105	Salteras-Bornujos		18.58	120.00	0.50	122.45	0.49	100	50.00	22
981 M-105r	Salteras-Bornujos		18.58	120.00	0.50	122.45	0.49	100	50.00	22
829 M-106	Carmona-Alcalá de Guadaira		27.44	0.00	0.00	60.00	1.00	100	0.00	9
828 M-106R	Carmona-Alcalá de Guadaira		28.30	0.00	0.00	60.00	1.00	100	0.00	9
1010 M-110	Sevilla-La Algaba		12.01	15.00	4.00	26.43	2.27	100	400.00	10
1008 M-110r	Sevilla-La Algaba		12.02	15.00	4.00	25.10	2.39	100	400.00	10
1013 M-111	Sevilla-San José de la Rinconada		19.28	40.00	1.50	41.38	1.45	100	150.00	12
917 M-111r	Sevilla-San José de la Rinconada		20.99	30.00	2.00	38.22	1.57	100	200.00	15
912 M-112	Sevilla-San José de la Rinconada		18.16	120.00	0.50	90.91	0.66	100	50.00	16
911 M-112r	Sevilla-San José de la Rinconada		18.20	120.00	0.50	86.96	0.69	100	50.00	15
919 M-114	Sevilla-Torre de la Reina		19.64	0.00	0.00	260.87	0.23	100	0.00	11
918 M-114r	Sevilla-Torre de la Reina		19.59	0.00	0.00	260.87	0.23	100	0.00	11
910 M-115	Sevilla-Alcalá del Río		16.88	20.00	3.00	41.67	1.44	100	300.00	14
909 M-115r	Sevilla-Alcalá del Río		16.85	30.00	2.00	42.86	1.40	100	200.00	14
898 M-120	Sevilla (Torreblanca)-Alcalá de Guadaira (San Rafa		7.81	120.00	0.50	200.00	0.30	100	50.00	3
899 M-120r	Sevilla (Torreblanca)-Alcalá de Guadaira (San Rafa		6.91	120.00	0.50	181.82	0.33	100	50.00	5
1027 M-121	Sevilla-Alcalá de Guadaira		21.33	60.00	1.00	35.09	1.71	100	100.00	15
994 M-121R	Sevilla-Alcalá de Guadaira		21.18	0.00	0.00	41.67	1.44	100	0.00	10
995 M-122	Sevilla-Alcalá de Guadaira		18.92	13.33	4.50	16.76	3.58	100	450.00	8
993 M-122R	Sevilla-Alcalá de Guadaira		21.78	13.33	4.50	16.81	3.57	100	450.00	8
992 M-123	Sevilla-Alcalá de Guadaira (por Quintillo)		20.76	120.00	0.50	206.90	0.29	100	50.00	13
991 M-123R	Sevilla-Alcalá de Guadaira (por Quintillo)		22.47	0.00	0.00	214.29	0.28	100	0.00	11
1003 M-124	Sevilla-Carmona		42.06	40.00	1.50	55.05	1.09	100	150.00	16
1002 M-124R	Sevilla-Carmona		41.81	120.00	0.50	62.50	0.96	100	50.00	14
997 M-126A	Sevilla-El Viso del Alcor		31.47	30.00	2.00	36.14	1.66	100	200.00	10
996 M-126AR	Sevilla-El Viso del Alcor		31.55	30.00	2.00	39.74	1.51	100	200.00	12
979 M-130	Sevilla-Montequinto		8.71	60.00	1.00	63.83	0.94	100	100.00	10
978 M-130R	Sevilla-Montequinto		8.45	120.00	0.50	61.86	0.97	100	50.00	9
872 M-131	Sevilla-Dos Hermanas (directo)		19.30	120.00	0.50	100.00	0.60	100	50.00	16
1024 M-131R	Sevilla-Dos Hermanas (directo)		16.09	120.00	0.50	92.31	0.65	100	50.00	10
Route_ID	Route_Name	Name	[Longitud_linea(km)]	[HeadWay(min)]HPM	[veh/horaHPM]	[HeadWay(min)]DIA	[veh/horaDIA]	[Cap/veh]	[CapRuta(pas/hora)]HPM	Nparadas
873 M-132A	Sevilla-Dos Hermanas (barriada)		17.81	24.00	2.50	34.09	1.76	100	250.00	12
1026 M-132AR	Sevilla-Dos Hermanas (barriada)		15.63	30.00	2.00	33.71	1.78	100	200.00	11
874 M-132B	Sevilla-Dos Hermanas (por P. la Isla)		27.05	0.00	0.00	107.14	0.56	100	0.00	15
977 M-132BR	Sevilla-Dos Hermanas (por P. la Isla)		24.94	120.00	0.50	107.14	0.56	100	50.00	14
876 M-133	Sevilla-Dos Hermanas (por Olivar de Quinto)		22.34	120.00	0.50	136.36	0.44	100	50.00	11
1021 M-133R	Sevilla-Dos Hermanas (por Olivar de Quinto)		25.50	120.00	0.50	142.86	0.42	100	50.00	16
875 M-134	Sevilla-Los Palacios		28.51	60.00	1.00	75.00	0.80	100	100.00	13
1025 M-134R	Sevilla-Los Palacios		28.45	120.00	0.50	62.50	0.96	100	50.00	12
972 M-140	Sevilla-Puebla del Río (por Peña Bética)		18.75	0.00	0.00	28.99	2.07	100	0.00	15
968 M-140R	Sevilla-Puebla del Río (por Peña Bética)		21.55	17.14	3.50	24.49	2.45	100	350.00	17
944 M-141	Sevilla-Puebla del Río		21.24	60.00	1.00	58.25	1.03	100	100.00	17
940 M-141R	Sevilla-Puebla del Río		21.65	60.00	1.00	56.60	1.06	100	100.00	17
946 M-142	Sevilla-Coria del Río		26.76	60.00	1.00	61.22	0.98	100	100.00	20
947 M-142-B	Sevilla-Coria		21.61	60.00	1.00	56.60	1.06	100	100.00	19
942 M-142-BR	Sevilla-Coria		21.50	60.00	1.00	53.10	1.13	100	100.00	20
941 M-142R	Sevilla-Coria del Río		26.69	120.00	0.50	57.14	1.05	100	50.00	20
973 M-143	Sevilla-Isla Mayor		42.86	120.00	0.50	130.43	0.46	100	50.00	16
967 M-143R	Sevilla-Isla Mayor		45.27	120.00	0.50	130.43	0.46	100	50.00	14
974 M-151	Sevilla-Urb. Puebla del Marques		12.73	60.00	1.00	56.07	1.07	100	100.00	17
971 M-151R	Sevilla-Urb. Puebla del Marques		14.58	60.00	1.00	56.07	1.07	100	100.00	17
975 M-152	Sevilla-Isla Mayor		14.35	120.00	0.50	60.61	0.99	100	50.00	14
969 M-152R	Sevilla-Isla Mayor		16.20	120.00	0.50	63.83	0.94	100	50.00	21
976 M-153	Sevilla-Almensevilla		21.30	40.00	1.50	65.93	0.91	100	150.00	16
970 M-153R	Sevilla-Almensevilla		23.16	40.00	1.50	58.25	1.03	100	150.00	19
948 M-154	Sevilla-Mairena del Aljarafe		11.97	60.00	1.00	49.18	1.22	100	100.00	15
939 M-154R	Sevilla-Mairena del Aljarafe		11.64	60.00	1.00	49.18	1.22	100	100.00	15
945 M-155	Sevilla-Almensevilla		23.36	60.00	1.00	65.93	0.91	100	100.00	21
943 M-155R	Sevilla-Almensevilla		22.87	60.00	1.00	66.67	0.90	100	100.00	22
962 M-157R	Sevilla-Bollullos de la Mitación		13.99	0.00	0.00	500.00	0.12	100	0.00	17
956 M-158	Sevilla-Bollullos de la Mitación		18.50	120.00	0.50	40.00	1.50	100	50.00	7
957 M-158R	Sevilla-Bollullos de la Mitación		17.92	0.00	0.00	60.00	1.00	100	0.00	7
938 M-159	Sevilla-Bollullos de la Mitación		19.66	60.00	1.00	84.51	0.71	100	100.00	18
953 M-159R	Sevilla-Bollullos de la Mitación		18.98	60.00	1.00	95.24	0.63	100	100.00	16
934 M-160	Sevilla-Gines		12.64	20.00	3.00	19.23	3.12	100	300.00	15
949 M-160R	Sevilla-Gines		11.29	17.14	3.50	21.35	2.81	100	350.00	12
248 M-161	Sevilla-Tomares		7.02	20.00	3.00	23.53	2.55	100	300.00	4
965 M-161R	Sevilla-Tomares		11.09	20.00	3.00	23.53	2.55	100	300.00	8

Route_ID	Route_Name	Name	[Longitud_linea(km)]	[HeadWay(min)HPM]	[veh/horaHPM]	[HeadWay(min)DIA]	[veh/horaDIA]	[Cap/veh]	[CapRuta(pas/hora)HPM]	Nparadas
966 M-162	Sevilla-Bormujos		12.24	120.00	0.50	93.75	0.64	100	50.00	19
1018 M-162R	Sevilla-Bormujos		11.99	60.00	1.00	93.75	0.64	100	100.00	14
1019 M-163	Sevilla-Bormujos		12.26	30.00	2.00	32.09	1.87	100	200.00	10
1020 M-163R	Sevilla-Bormujos		12.15	24.00	2.50	32.09	1.87	100	250.00	10
740 M-164	Sevilla-Bormujos (por Santa Eufemia)		11.73	0.00	0.00	48.00	1.25	100	0.00	8
964 M-164R	Sevilla-Bormujos (por Santa Eufemia)		14.44	0.00	0.00	48.00	1.25	100	0.00	17
741 M-165	Sevilla-Castilleja del Campo		29.75	60.00	1.00	153.85	0.39	100	100.00	6
742 M-165R	Sevilla-Castilleja del Campo		29.30	0.00	0.00	105.26	0.57	100	0.00	5
935 M-166	Sevilla-Sanlúcar la Mayor		39.47	120.00	0.50	60.00	1.00	100	50.00	25
950 M-166R	Sevilla-Sanlúcar la Mayor		23.01	0.00	0.00	109.09	0.55	100	0.00	16
937 M-167	Sevilla-Villanueva		23.28	0.00	0.00	136.36	0.44	100	0.00	16
952 M-167R	Sevilla-Villanueva		22.57	0.00	0.00	166.67	0.36	100	0.00	18
936 M-168	Sevilla-Benacazón (por Espartinas)		26.89	60.00	1.00	86.96	0.69	100	100.00	22
951 M-168R	Sevilla-Benacazón (por Espartinas)		26.17	40.00	1.50	71.43	0.84	100	150.00	22
958 M-169	Sevilla-Villamanrique		48.70	120.00	0.50	136.36	0.44	100	50.00	18
959 M-169R	Sevilla-Villamanrique		45.88	0.00	0.00	80.00	0.75	100	0.00	14
920 M-170 A	Sevilla-Camas-Santiponce		10.33	0.00	0.00	0.00	0.00	100	0.00	13
921 M-170 AR	Sevilla-Camas-Santiponce		10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	0.00	13
922 M-170 B	Sevilla-Las Pajarosas (Guilena)		28.33	0.00	0.00	146.34	0.41	100	0.00	16
923 M-170 BR	Sevilla-Las Pajarosas (Guilena)		28.00	0.00	0.00	120.00	0.50	100	0.00	17
932 M-173	Castilleja de la Cuesta-Camas (Circular)		6.05	120.00	0.50	45.11	1.33	100	50.00	12
933 M-173R	Castilleja de la Cuesta-Camas (Circular)		3.93	120.00	0.50	45.11	1.33	100	50.00	7
930 M-174	Sevilla-Las Pilas-La Gloria		17.64	60.00	1.00	83.33	0.72	100	100.00	20
931 M-174R	Sevilla-Las Pilas-La Gloria		12.15	120.00	0.50	92.31	0.65	100	50.00	10
928 M-175	Sevilla-Albaida		21.73	40.00	1.50	49.59	1.21	100	150.00	22
929 M-175R	Sevilla-Albaida		23.96	30.00	2.00	50.85	1.18	100	200.00	19
926 M-176	Sevilla-Aznalcóllar		41.94	120.00	0.50	82.19	0.73	100	50.00	11
927 M-176R	Sevilla-Aznalcóllar		41.12	0.00	0.00	82.19	0.73	100	0.00	11
924 M-177	Sevilla-Guilena		31.72	120.00	0.50	60.00	1.00	100	50.00	6
925 M-177R	Sevilla-Guilena		30.90	120.00	0.50	60.00	1.00	100	50.00	6
914 M-216	Sevilla-Brenes		23.08	30.00	2.00	50.00	1.20	100	200.00	11
913 M-216R	Sevilla-Brenes		23.03	60.00	1.00	57.14	1.05	100	100.00	12
998 M-221	Sevilla-Utrera		25.17	60.00	1.00	115.38	0.52	100	100.00	11
999 M-221R	Sevilla-Utrera		25.45	0.00	0.00	206.90	0.29	100	0.00	13
963 M157	Sevilla-Botullos de la Mitación		14.90	0.00	0.00	500.00	0.12	100	0.00	17

4.3.4.1.3. Tabla de atributos de las líneas de Cercanías

Route_ID	Route_Name	Name	[Longitud_linea(km)]	[HeadWay(min)HPM]	[veh/horaHPM]	[HeadWay(min)DIA]	[veh/horaDIA]	[Cap/veh]	[CapRuta(pas/hora)HPM]	Nparadas
234 CERCANIAS-C3	Santa Justa-Cazalla-Constantina		23.10	120.00	0.50	214.29	0.28	997	498.50	3
235 CERCANIAS-C3-R	Santa Justa-Cazalla-Constantina		23.10	0.00	0.00	162.16	0.37	997	0.00	3
236 CERCANIAS-C2	Santa Justa-Carrija		14.87	60.00	1.00	61.86	0.97	228	228.00	4
237 CERCANIAS-C2-R	Santa Justa-Carrija		14.87	60.00	1.00	59.41	1.01	228	228.00	4
683 CERCANIAS-C5	Jardines de Hércules-Santa Justa-Benacazón		44.70	60.00	1.00	49.18	1.22	228	228.00	10
684 CERCANIAS-C5-R	Jardines de Hércules-Santa Justa-Benacazón		44.70	40.00	1.50	50.00	1.20	228	342.00	10
685 CERCANIAS-C4	Santa Justa-Palacio de Congresos Santa Justa (Cir		22.45	30.00	2.00	30.00	2.00	228	456.00	6
686 CERCANIAS-C4-R	Santa Justa-Palacio de Congresos Santa Justa (Cir		22.45	30.00	2.00	31.09	1.93	228	456.00	6
847 CERCANIAS-C1	Lebrija-Utrera-Santa Justa-Lora del Río		38.84	24.00	2.50	38.22	1.57	228	570.00	8
848 CERCANIAS-C1-R	Lebrija-Utrera-Santa Justa-Lora del Río		38.84	40.00	1.50	38.71	1.55	228	342.00	8

4.3.4.1.4. Tabla de atributos de las líneas de Metro 1 y Tranvía

Route_ID	Route_Name	Name	[Longitud_linea(km)]	[HeadWay(min)HPM]	[veh/horaHPM]	[HeadWay(min)DIA]	[veh/horaDIA]	[Cap/veh]	[CapRuta(pas/hora)HPM]	Nparadas
854 METRO-1	Mairena del Aljara-Sevilla-Montequino		19.98	4.80	12.50	6.56	9.15	202	2525.00	21
855 METRO-1-R	Mairena del Aljara-Sevilla-Montequino		19.98	4.80	12.50	6.56	9.15	202	2525.00	21
618 T1	T1 Metrocentro (Plaza Nueva - San Bernardo)		2.42	7.06	8.50	3.70	16.22	280	2380.00	5
619 T1r	T1 Metrocentro (Plaza Nueva - San Bernardo)		2.42	6.67	9.00	3.65	16.44	280	2520.00	5

4.3.4.2. Digitalización de los paraderos del Transporte Público

La introducción de la ubicación de los paraderos de las rutas del sistema de transporte se ha generado en su mayoría manualmente, en base a los mapas de rutas y paradas que facilitan los operadores del transporte. Solo las paradas de los autobuses urbanos TUSSAM fueron introducidos en el modelo mediante una capa de puntos georreferenciados de que definían la posición exacta de las paradas de cada ruta. Esta capa fue facilitada por el organismo que gestiona los autobuses urbanos de Sevilla.

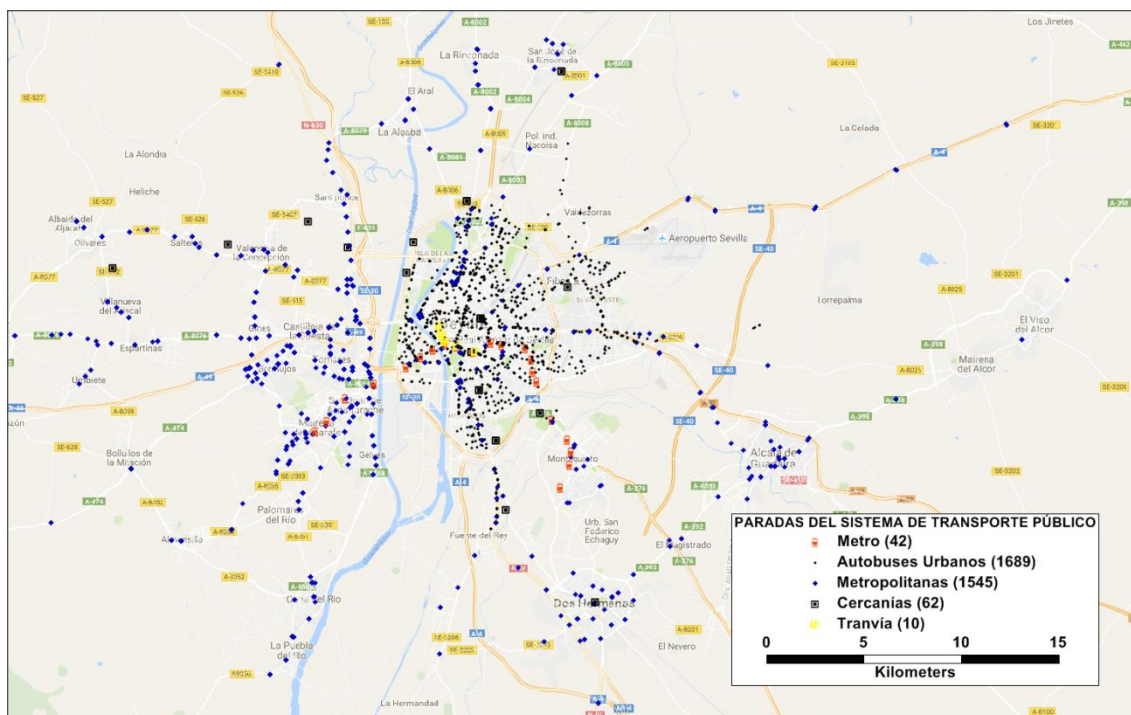


Tabla 4.10. Digitalización de las Paradas ("Route Stops")
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

Los atributos que definen los apeaderos de las rutas son los siguientes:

Parámetro	Descripción
ID	Identificador único automático de la parada
Longitude	Posición longitudinal del punto en el sistema de referencia
Latitude	Posición Latitudinal del punto en el sistema de referencia
Route_ID	Identificador de la ruta a la que pertenece la parada
Pass_Count	Establece en que momento, el vehículo realiza la parada. Por ejemplo, si una ruta pasa 2 veces por una carretera donde haya una parada de su línea, un valor 1 establece que el autobús parará la primera vez que pase por dicha parada, mientras que esperará a la segunda vez que pase para realizarla
Milepost	o Punto Kilométrico, determina la distancia entre el inicio de la ruta y la correspondiente parada
stop_name	Nombre de la parada (solo para TUSAM)
stop_id	Identificador aportado por los operadores del transporte (solo para TUSAM)
Route_Name	Nombre de la ruta a la que pertenece la parada
Tipo_TP	Modo de transporte público al que pertenece
NearNode	Nodo de la red base más cercano (Necesario para el algoritmo de asignación). TransCAD es capaz de obtenerlo automáticamente

Tabla 4.11. Atributos de la capa de paradas de ruta ("Route Stops")
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

Cabe destacar que en el momento de la asignación de los viajes, TransCAD no utiliza la posición exacta definida para cada parada, si no la del nodo más cercano, este hecho y sus consecuencias se detallan a continuación.

4.3.4.3. Vincular paradas a los nodos

El sistema de rutas creado, "Route System" en TransCAD, y las respectivas paradas de cada línea están vinculadas a la capa de arcos que definen las carreteras y líneas de ferrocarriles.

En el caso de las rutas de las líneas, estas se generan en base a la capa de líneas, es decir, no se puede generar una ruta sin que existan previamente los arcos por donde van a circular dichas rutas. Este hecho hace que,

automáticamente, se cree un vínculo entre las geometrías y los atributos de los arcos y las rutas que quedan definidas sobre las primeras.

No ocurre lo mismo cuando se definen las paradas ("Route Stops") de cada línea, éstas se posicionan en un lugar determinado de la línea, pudiendo coincidir, o no, con un nodo de la capa de arcos. Para que exista una buena conectividad en nuestro sistema, es necesario asociar a cada parada el ID del nodo más cercano; para ello, TrasnCAD busca, en un radio determinado por el usuario, el nodo más cercano y lo asocia a la parada correspondiente. La ejecución de este procedimiento puede verse en el **apartado 2.1.2.1. Vincular paradas a los nodos de la "Line Layer" del anexo.**

En el momento de realizar la asignación, TrasnCAD entenderá que la parada se ubica en el nodo asociado, por tanto, si la parada no se encontrara justo encima de su nodo asociado, la distancia o el tiempo desde el nodo a la parada será ignorada en el momento.

Otro hecho importante es que si, para dos paradas consecutivas de una misma línea, TrasnCAD no encontrara 2 nodos diferentes, asociará estas dos paradas al mismo nodo y por tanto tendrán la misma localización.

Para que no ocurra ninguna de las consecuencias explicadas anteriormente, es conveniente crear un nodo bajo cada parada. Puede verse un ejemplo en la figura inferior.

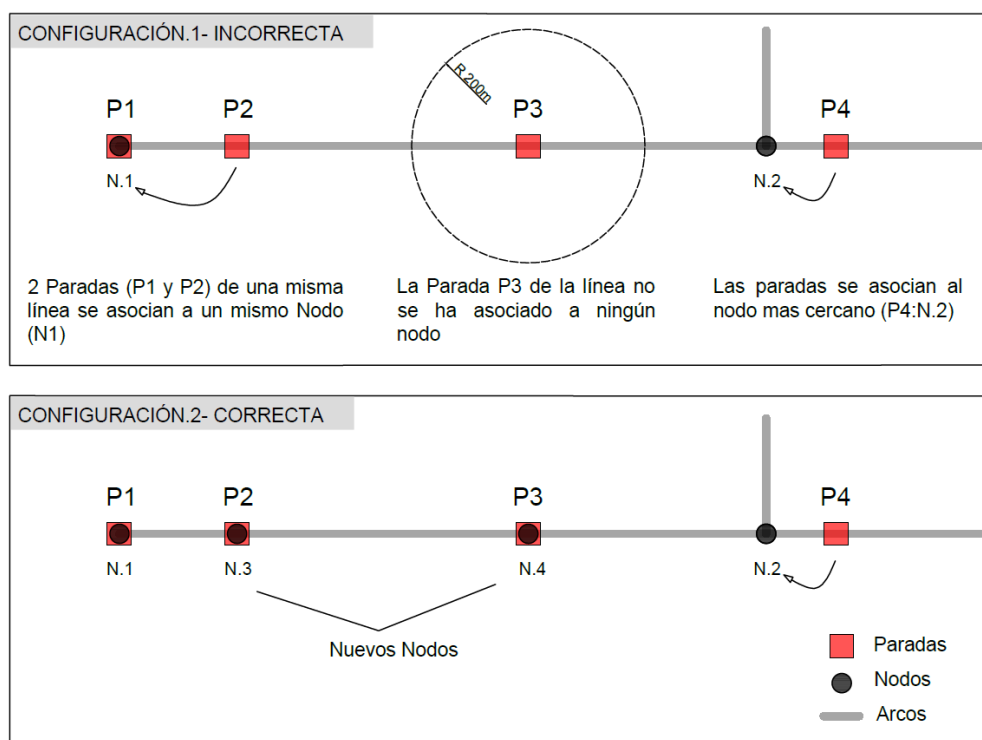


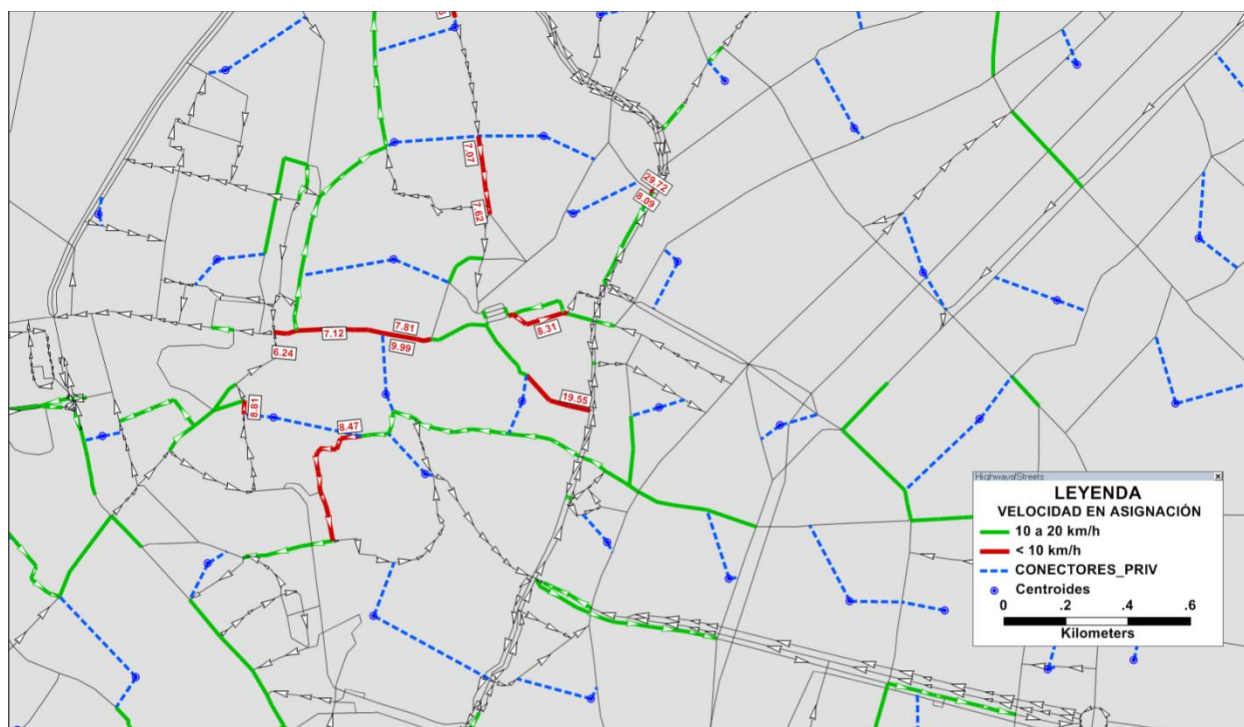
Figura 4.18. Explicación Tag Stops to a Node
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

4.3.5. Conectores: La unión entre los centroides y la red de Transporte Público

Como ya se introdujo anteriormente en el apartado 2.3 **LAS ZONAS DEL TRANSPORTE**, la generación del modelo de transporte, tanto público como privado, precisa de ciertas simplificaciones sobre la demanda de viajes. En definitiva, la generación de viajes se establece por zonas denominadas ZATs, este hecho hace que todos los viajes de un determinado ZAT saldrán de un punto o nodo de la red específico, denominado centroide. En la realidad, como es lógico, no ocurre lo mismo, los viajes tienen un origen y un destino disperso dentro de cada Zona de Transporte, este hecho no puede verse reflejado en el modelo, ya que es un análisis macroscópico y la matriz Origen Destino de los viajes tendría un tamaño desorbitado y, por tanto, difícil de analizar.

En efecto, en el modelo privado de transporte, explicado con anterioridad, el hecho de que todos los viajes de una ZAT salgan o entren a un mismo nodo, genera un efecto de congestión en aquellas zonas de la red donde el centroide se une a la red mediante un conector, lo que se denomina *efecto conector*. Como se verá más adelante, la asignación de viajes del transporte público en hora punta se hará en base a la congestión que genere el transporte privado sobre la red, esto es, los tiempos que precisa el vehículo público para recorrer un arco son tomados de los tiempos resultado de la asignación del transporte privado.

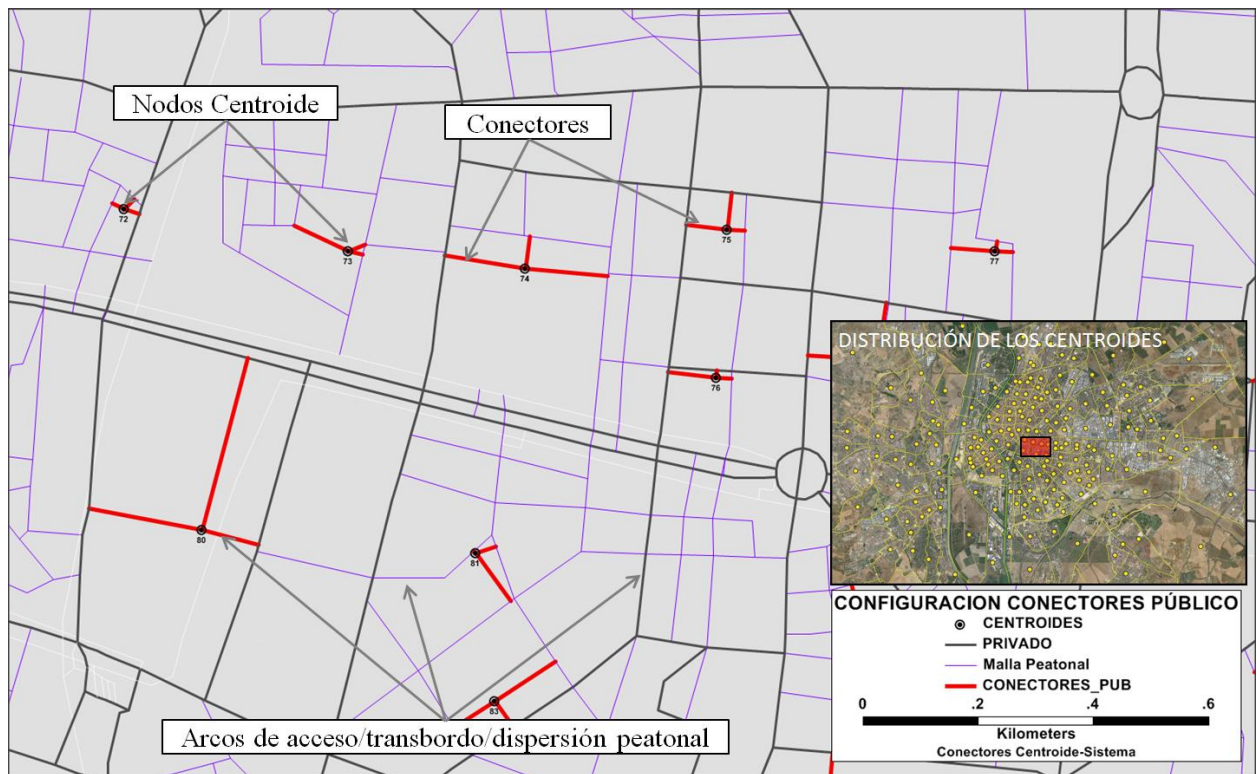
Para evitar las repercusiones de la congestión del tráfico privado producidos por el *efecto conector*, se han impuesto unas velocidades mínimas para los vehículos del transporte público en las zonas cercanas a los conectores, y por tanto, la repercusión sobre los tiempos de viaje transporte público de este efecto se limita, haciendo así que el modelo sea más veraz.



4.19. Detalle repercusión del efecto conector sobre la velocidad del tráfico. Zona Casco Antiguo
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

En el modelo público, los centroides unen a la red de transporte a la red de transporte mediante un máximo de tres conectores, enlazados a los arcos más cercanos que cumplan la condición de ser peatonales.

Las características del modelo, hace que ciertos centroides se encuentren excesivamente alejados de la red y por tanto del sistema de transporte, para evitar que los tiempos de recorrido sobre los arcos conectores sean extremadamente altos, se le asignará un tiempo ideal de recorrido a pie por el arco conector que una el centroide con el sistema de transporte.



4.20. Detalle configuración de los conectores del sistema público de transporte, inmediaciones Av. Eduardo Dato
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

En la tabla inferior se muestran, ordenados de mayor a menor longitud, la selección de los centroides cuyos conectores superan los 500 metros de distancia, mostrando los pesos de las demandas de origen y destino en transporte público para un día laboral.

CONECTORES		DEMANDA ORIGEN			DEMANDA DESTINO		
Longitud	Centroide	Parcial	Acumulado	Porcentaje	Parcial	Acumulado	Porentaje
6,93	173	1.140	1.140	0,34%	1.289	1.289	0,39%
4,61	260	1.632	2.772	0,83%	1.313	2.602	0,78%
3,64	230	1.840	4.612	1,38%	1.910	4.512	1,35%
3,37	232	2.404	7.016	2,10%	2.115	6.627	1,98%
2,72	263	0	7.016	2,10%	0	6.627	1,98%
2,69	259	424	7.440	2,22%	464	7.091	2,12%
2,46	261	2.182	9.622	2,87%	2.486	9.577	2,86%
2,22	264	0	9.622	2,87%	0	9.577	2,86%
2,19	271	1.416	11.038	3,30%	1.370	10.947	3,27%
1,99	229	1.286	12.324	3,68%	1.281	12.228	3,65%
1,90	170	329	12.653	3,78%	342	12.570	3,76%
1,63	250	2.196	14.849	4,44%	2.199	14.769	4,41%
1,60	184	2.832	17.681	5,28%	2.815	17.584	5,25%
1,49	219	1.076	18.757	5,60%	1.175	18.759	5,60%
1,49	175	114	18.871	5,64%	154	18.913	5,65%
1,46	249	2.399	21.270	6,35%	2.407	21.320	6,37%
1,38	269	1.493	22.763	6,80%	1.257	22.577	6,74%
1,31	255	1.943	24.706	7,38%	2.264	24.841	7,42%
1,24	262	2.719	27.425	8,19%	2.512	27.353	8,17%
1,18	127	5.973	33.398	9,98%	6.168	33.521	10,01%
1,11	267	0	33.398	9,98%	0	33.521	10,01%
1,03	182	0	33.398	9,98%	0	33.521	10,01%
0,93	65	798	34.196	10,22%	651	34.172	10,21%
0,89	256	1.272	35.468	10,60%	1.417	35.589	10,63%
0,87	34	0	35.468	10,60%	0	35.589	10,63%
0,86	171	748	36.216	10,82%	768	36.357	10,86%
0,74	133	357	36.573	10,93%	378	36.735	10,97%
0,67	270	906	37.479	11,20%	851	37.586	11,23%
0,65	254	2.257	39.736	11,87%	1.908	39.494	11,80%
0,63	64	536	40.272	12,03%	590	40.084	11,97%
0,61	252	814	41.086	12,27%	966	41.050	12,26%
0,61	163	887	41.973	12,54%	1.165	42.215	12,61%
0,56	160	202	42.175	12,60%	301	42.516	12,70%
0,55	251	1.886	44.061	13,16%	1.733	44.249	13,22%
0,51	223	937	44.998	13,44%	978	45.227	13,51%
0,51	161	368	45.366	13,55%	305	45.532	13,60%

Analizando los datos anteriormente expuestos, se tiene que, aproximadamente, 13% de la demanda de viajes salen o entran de centroides que se encuentran alejados más de 500 metros del sistema de transporte, el 5% lo hace a más de 1.600 metros.

Para evitar que se produzcan tiempos de recorrido peatonal entre centroides y el sistema de transporte excesivos, en aquellos conectores que superen los 500 m se establecerá un tiempo de recorrido máximo (el tiempo de recorrido de 500 metros).

4.3.6. Calibración del Modelo Público de Transporte

En este apartado se describen los ajustes de los parámetros que determinarán la asignación de la demanda, son en definitiva, parámetros que describirán el comportamiento de los usuarios (Velocidad peatonal, preferencias para la elección del modo de transporte dentro de la oferta, preferencias sobre los tiempos de espera, a pie o de transbordo, los pesos de las tarifas, los tiempos o el número de transbordos para la elección de la mejor ruta, etc.) frente a la oferta del transporte, y por tanto, tendrán especial relevancia sobre los resultados que aporte la asignación de la demanda.

TrasnCAD aporta diferentes métodos de asignación y elección de viajes. La principal diferencia entre estos métodos radica en las hipótesis sobre el modo en que el viajero elige o no una determinada ruta entre el abanico de posibilidades.

Entre los diferentes métodos de asignación destacan los siguientes:

- **The Shortest Path Method:**

Este método encuentra una única ruta para cada demanda de viaje que minimice el coste total generalizado del viaje. En cada uno de los segmentos de ruta solo se elegirá un único movimiento, incluso si un segmento es cubierto por más de una ruta con los mismos costes generalizados.

- **The Method of Optimal Strategies (EMME/2 Style Method):**

Este método es una versión adaptada a TrasnCAD del método "Transit Pathfinding Method" del software EMME/2. Este método usa el concepto de "*Optimal Strategy*", que es generalización del concepto de una única ruta. Se basa en la suposición de que el pasajero tomará la primera línea que le deje en su destino en un tiempo de viaje razonable, por tanto, la elección de una u otra línea se basará en el tiempo de viaje y en las frecuencias de paso. Este método no utiliza las tarifas de viaje para la elección de la mejor ruta.

- **The Pathfinder Method:**

Este método es una generalización y mejora del método de "Optimal Strategies". Difiere de otros métodos en que aquí se tiene en cuenta el sistema tarifario de las líneas para calcular la ruta óptima. Esto se hace mediante el uso de un coste generalizado de viaje en vez de utilizar únicamente el tiempo de viaje como medida a minimizar en la elección de la ruta.

El coste generalizado de viaje se calcula aplicando un factor de valor del tiempo, el cual es especificado por el usuario, convirtiendo así los tiempos de espera y de viaje en unidades monetarias, combinándolas posteriormente con las tarifas de cada viaje.

Se ha escogido el "Pathfinder Method" para la elaboración del análisis. La implementación de este algoritmo de asignación y su configuración previa se explica en el apartado del anexo A :**2.4 CONFIGURACIÓN DEL "PATHFINDER METHOD"**.

4.3.6.1. Calibración de la oferta de transporte público

Los parámetros que caracterizan la oferta del transporte público son los siguientes:

Velocidad de los vehículos

Para definir la velocidad de circulación de los vehículos, el sistema de transporte público del modelo de estudio se divide en dos grandes bloques, los autobuses (Urbanos y Metropolitanos) y los ferroviarios (Metro, Cercanías y Tranvía). El primero de estos grupos, circulará por carreteras compartidas con el tráfico privado, por tanto la velocidad de circulación la marcará la congestión que se produzca en la franja horaria del estudio. El segundo grupo, el transporte público ferroviario, circula por plataformas reservadas, por tanto no se ve afectado por la congestión, se le impone por tanto una velocidad media de 70km/hora para Cercanías, 60km/hora para la Línea de Metro y 20km/hora para el tranvía.

Tiempos característicos

La siguiente tabla muestra los tiempos que caracterizan la oferta de transporte público y la fuente de su lectura.

Parámetro	Valor	Descripción	Fuente
Intervalo entre vehículos	En función de la línea. Ver apartado 4.3.1 4.3.4. Digitalización de la oferta del Transporte Público	Este valor determinará el tiempo de espera en parada del usuario	Los tiempos de paso de obtienen de las tablas de frecuencias que ofrecen los operadores del transporte público para cada una de sus líneas
Tiempo de penalización en inicio	0 minutos	Establece el tiempo de penalización asociado al primer embarque del viaje.	
Penalización por Transbordos	3 minutos	Tiempo de penalización para cada transbordo realizado.	
Máximo tiempo espera inicial	60 minutos	El tiempo de espera no será mayor que este independientemente de cual sea el intervalo entre vehículos.	
Máximo Tiempo transbordando	30 minutos	Máximo tiempo por transbordos transbordos. El tiempo de espera no será mayor que este independientemente de cual sea el intervalo entre vehículos.	
Mínimo tiempo de espera inicial	2 minutos	Tiempo mínimo de espera inicial. El tiempo de espera inicial no será menor que éste, independientemente de cual sea el intervalo entre vehículos.	
Mínimo Tiempo transbordando	5 minutos	Mínimo tiempo de espera al transbordar entre modos	
Cambio de sentido de la línea	5 minutos	Tiempo de viaje extra asociado al cambio de sentido de la ruta.	Observado. En estaciones terminales
Tiempo de parada para subidas	En función de cada modo: BUS: 0,5 minutos CERCANÍAS: 2,5 minutos METROS: 0,25 minutos	Tiempo fijo de permanencia en parada debido al embarque de pasajeros, independientemente del número de pasajeros embarcados.	Observado.
Tiempo de parada para bajadas	En función de cada modo: BUS: 0,5 minutos CERCANÍAS: 2,5 minutos METROS: 0,25 minutos	Tiempo fijo de permanencia en parada debido al desembarque de pasajeros, independientemente del número de pasajeros embarcados.	Observado.
Máximo tiempo por modo	240 minutos	Máximo tiempo permitido de viaje en cada modo de transporte.	

Tabla 4.12. Tiempos característicos del modelo público de transporte.
Fuente: Elaboración propia.

Las tarifas de viaje

Las tarifas de los viajes de los distintos modos de transporte público no se tendrán en cuenta en el cálculo de la ruta óptima ya que no existe una diferencia importante entre ellas y por tanto, el efecto de estas sobre la asignación puede ser despreciado. Además, el sistema tarifario depende de cada modo de transporte y su estructura suele establecerse mediante saltos entre zonas, la configuración de un sistema tarifario coherente con el que se da en la realidad es un proceso difícil de generar en el entorno de TransCAD y puede conllevar problemas con el cálculo de la ruta óptima.

4.3.6.2. Calibración de de los parámetros de los usuarios

Como introdujo anteriormente, el algoritmo de asignación permite determinar las preferencias de los usuarios sobre los tiempos, por tanto, la elección de la ruta óptima dependerá en gran medida de estos parámetros.

Los Tiempos

Parámetro	Valor	Descripción
Máximo tiempo de acceso al sistema de transporte	20 minutos	Máximo tiempo de viaje a pie permitido entre el centroide y la parada. Si el tiempo de viaje superase este valor no se podrá realizar dicho movimiento.
Máximo tiempo de dispersión	20 minutos	Máximo tiempo de viaje a pie permitido entre la parada y el centroide. Si el tiempo de viaje superase este valor no se podrá realizar dicho movimiento.
Máximo tiempo peatonal en transbordos	20 minutos	Máximo tiempo de viaje a pie entre paradas . Si el tiempo de transbordo superase este parámetro no se asignará el viaje

Tabla 4.13. Tiempos característicos del modelo público de transporte II
Fuente: Elaboración propia.

Los factores de peso sobre el reparto de los tiempos

El ajuste sobre la percepción de todos los tiempos mencionados hasta ahora se realiza mediante la determinación de los factores de peso, asociados a cada uno de estos tiempos, a continuación se muestran los factores de peso:

Peso	Valor	Descripción
Tarifa	0	Ajusta el peso aplicado a la tarifa
Tiempo en vehículo	1	Ajusta el peso aplicado al tiempo de viaje en transporte público
Tiempo penalización inicial	1	Ajusta el peso aplicado al tiempo de penalización asociado al primer embarque
Tiempo por transbordos	1	Ajusta el peso aplicado al tiempo de penalización asociado a cada transbordo
Tiempo de espera	1	Ajusta el peso aplicado al tiempo de penalización asociado al tiempo de espera en parada del primer embarque
Tiempo de espera por transbordos	1	Ajusta el peso aplicado a los tiempos de transbordo
Tiempo de parada del vehículo	1	Ajusta el peso asociado al tiempo de subida y bajada de cada parada
Tiempo andando	1	Ajusta el peso del tiempo a pie

Tabla 4.14. Pesos de los tiempos característicos del modelo de transporte público
Fuente: Elaboración propia.

Nótese que todos los factores de peso sobre los tiempos se han supuesto igual a 1, esto se debe a que, para determinar dicho valor se tendría que realizar un estudio de usuarios que utilizan el transporte público, y

determinar cuál es su percepción sobre los tiempos destinados a cada movimiento, hecho que escapa al alcance de este estudio.

El valor del tiempo para el cálculo del coste generalizado

El algoritmo de asignación minimizará el coste generalizado de cada viaje. En aras de calcular este coste mínimo, todos los atributos de tiempo serán convertidos en unidades monetarias. El parámetro de valor del tiempo (VOT) es usado como factor de conversión. Todas las unidades de tiempo son multiplicadas por el VOT para calcular la unidad monetaria equivalente. la suma de tarifas y tiempos (transcritos a unidades monetarias) son usados para calcular el coste generalizado de cada viaje.

La asignación que se realiza en este estudio tratará de minimizar los tiempos de viaje, sin tener en cuenta el precio de tarifas y el coste generalizado, por tanto se establece el valor del VOT a uno y se hacen cero todas las tarifas de los viajes. el valor del tiempo se representa en unidades monetarias/minutos.

4.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR LA ASIGNACIÓN MACROSCÓPICA DE LA DEMANDA DE VIAJES EN TRANSPORTE PÚBLICO

A continuación se analizarán ciertos resultados obtenidos de la asignación de la demanda viajes en hora punta [7:30-9:30] obtenidos de la EDM de 2007 elaborada por el Ayuntamiento de Sevilla. Se llevará a cabo un análisis de de la distribución de los flujos de viajes y del reparto entre cada uno de los modos de transporte público operativos en esta franja horario, pudiendo finalmente estimar la ocupación de cada una de las líneas de transporte.

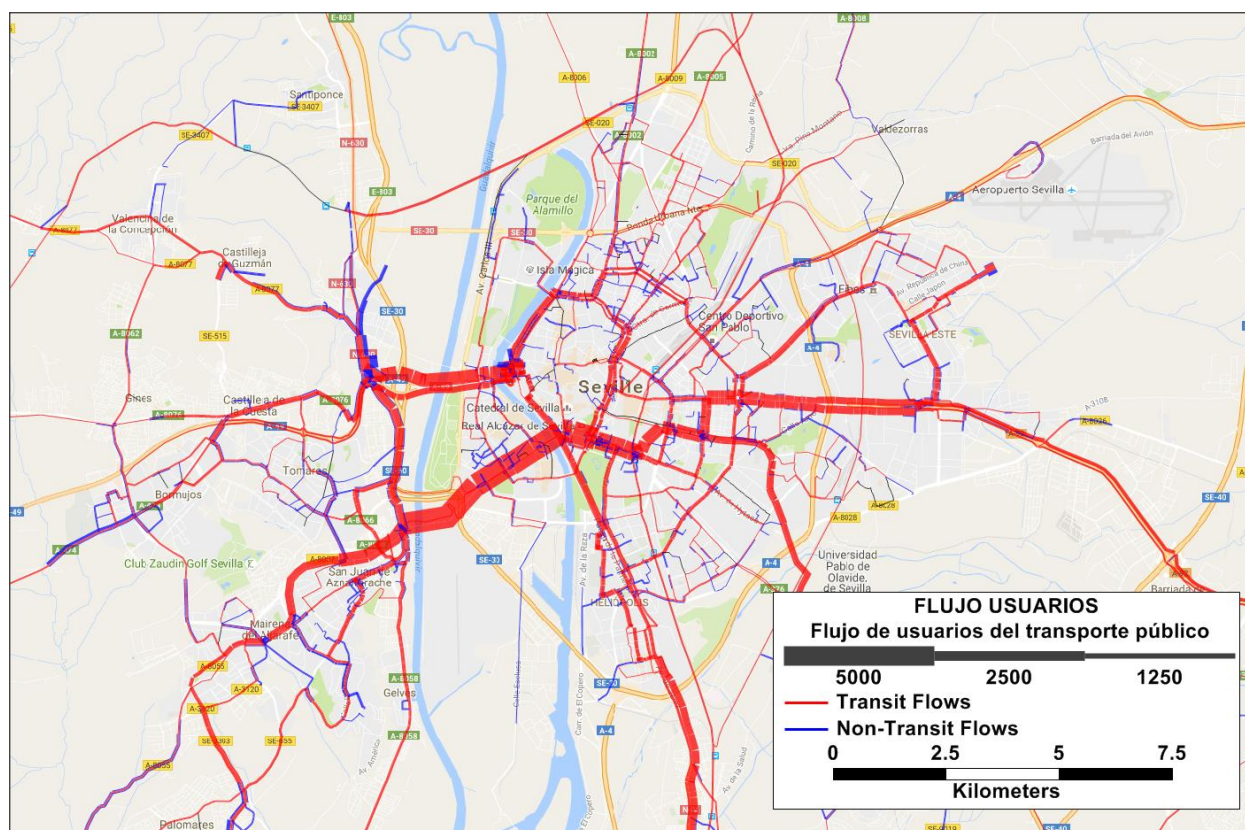


Tabla 4.15. Mapa del flujo de usuarios del transporte público en Hora Punta
Fuente: Elaboración propia. (TransCAD)

El mapa de color superior muestra, en color rojo, los flujos de los usuarios en vehículo público, mientras que las líneas azules definen, sobre el grafo de la red peatonal, los movimientos peatonales de acceso/transbordo y dispersión. Puede apreciarse en la imagen un crecimiento de los flujos en vehículo público hacia el centro de la del municipio de Sevilla. A la vista está la configuración radial con epicentro en puntos muy concretos de la

ciudad como Plaza de Armas, San Bernardo o Gran Plaza, estaciones terminales para un gran conjunto de líneas metropolitanas.

Destaca el flujo de usuarios que conecta el territorio del Aljarafe Sur (Palomares, Mairena del Aljarafe, San Juan de Aznalfarache y Tomares) con la zona sur del Casco Antiguo de Sevilla, consecuencia del servicio que da a estas localidades la Línea 1 de metro de Sevilla.

4.4.1. La demanda de los distintos modos de transporte público frente a la población servida.

Para analizar el volumen de demanda entre los distintos modos de transporte público, es importante conocer el volumen de la población a la que dan servicio. Para ello se parte de la hipótesis de que la población servida por las líneas de transporte no se encuentran a más de 500 metros de sus paradas. Para el cálculo de la población que se encuentra en un rango de 500 metro de las paradas, se cuenta con una capa geográfica que define una malla estructurada en áreas de 250m x 250m, obtenida de la pagina web del Instituto de estadística y Cartografía de Sevilla, en cada una de estas áreas está definida el total de población así como su distribución por edades, sexo o nacionalidad entre otros. Los datos de población de cada área son referentes al año 2014.

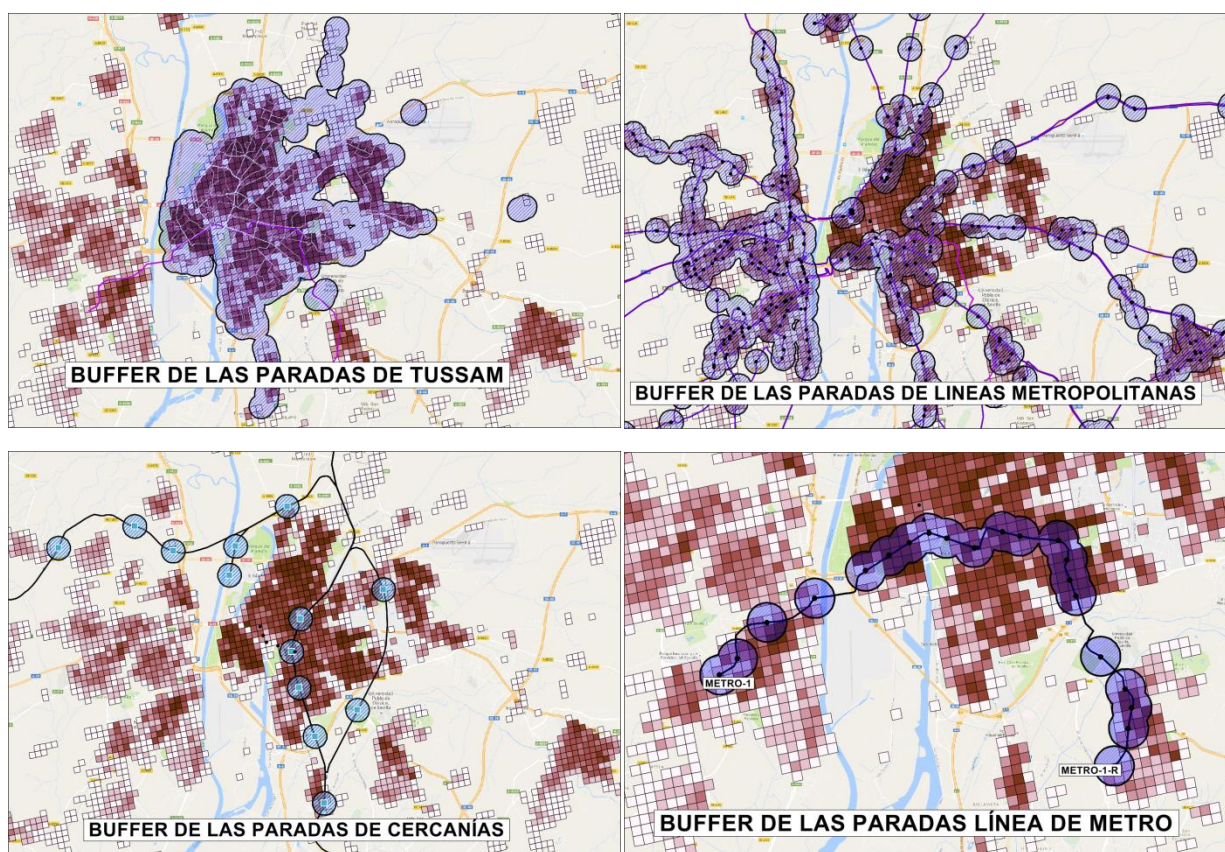


Tabla 4.16. Buffers sobre malla poblacional de los distintos sistemas de transporte
Fuente: Elaboración Propia (TransCAD)

Mediante la generación de Buffer o áreas de influencia en un radio de 500 metros de las paradas, es posible determinar la población que se encuentra en cada uno de los buffers o áreas definidas para cada sistema de transporte:

PARADAS	Σ Población servida (500m)
Tussam	696.444
Metropolitano	1.037.920
Cercanías	120.429
Metro	211.880
Tranvía	46.184
total:	1.313.114
Servida/ total municipio	67,96%

Tabla 4.17. Población servida por cada uno de los sistemas de transporte público de Sevilla
Fuente: Elaboración propia.

Vinculando estos resultados con los relativos a la distribución de los usuarios en cada uno de los sistemas obtenidos mediante la asignación en TransCAD se generan las siguientes relaciones:

Repartos por tipo de transporte						
Modo	Total usuarios	Usuarios Modo/Total	Rutas operativas	Usuarios/ Ruta	Σ Población servida (500m)	Usuarios/ población servida
TUSSAM	26.487	48,35%	77	344	696.444	3,80%
METROPOLIT.	21.952	40,07%	84	261	1.037.920	2,11%
CERCANÍAS	1.005	11,58%	9	112	120.429	0,83%
METRO	5.331	9,73%	2	2.666	211.880	2,52%
TRANVÍA	6	0,01%	2	3	46.184	0,01%

Tabla 4.18. Reparto de usuarios por tipo de transporte Fuente:
Elaboración propia.

De la tabla anterior destacan los siguientes resultados:

El uso residual de la línea de Tranvía, que no supera el 0.01% de la población a la que da servicio directo. En este punto se puede observar que los datos sobre los usos de las distintas líneas que aporta la asignación realizada coinciden con la situación real, es bien sabido que los usuarios habituales del sistema de transporte público de Sevilla no conciben la línea de tranvía como una alternativa eficaz en sus desplazamientos, esto se debe, principalmente, a la baja velocidad comercial de la línea y a su reducida longitud y, para este movimiento, escogerán la opción peatonal.

Destaca la demanda de viajes para el servicio de autobuses urbanos de TUSAM. La red de transportes, este medio da servicio directo al municipio de Sevilla. Su estructura facilita la dispersión de los usuarios que llegan a la capital mediante otros modos como es la Línea de Metro o los Autobuses Metropolitanos.

El alto índice de ocupación de la Línea de Metro 1 de Sevilla, aun no siendo uno de los sistemas con mayor demanda de usuarios (superada por TUSAM y Autobuses Metropolitanos), es la segunda en cuanto a la relación de usuarios frente a la población a la que da servicio.

4.4.2. El grado de ocupación de las líneas

Se analizará a continuación, para las líneas con mayor demanda de usuarios, el grado de ocupación de sus vehículos. La capacidad de los vehículos que se muestra en la tabla inferior se ha obtenido de los informes y memorias anuales de cada uno de los modos de transporte operativos.

Modo de Transporte	Capacidad vehículo
Tussam	120
Metropolitano	100
Cercanías	228
Metro	202
Tranvía	280

Tabla 4.19. Capacidad de los vehículos de los distintos sistemas de transporte

Ruta	Origen	Destino	Intervalo de pasos (min)	capacidad (Usuarios/HP M)	Tot. usuarios HPM	Volumen máximo (Peak Flow)	Ocupación Máxima V/C
METRO-1-R	Montequinto	Mairena del Aljarafe	4,8	2525	3312	2.604	1,03
C3	Cir,	Cir,	4,62	2080	2072	1.543	0,74
METRO-1	Mairena del Aljarafe	Montequinto	4,8	2525	2019	1.708	0,68
3r	Pinomontano	Bellavista	10,91	660	1929	1.388	2,10
2	Barqueta	Heliópolis	5,71	1260	1751	805	0,64
22	Prado de San Sebastián	Sevilla Este	10	720	1425	1.263	1,75
M-132A	Dos Hermanas (barriada)	Sevilla	24	250	1130	1.100	4,40
C2	Cir,	Cir,	6	1600	979	514	0,32
C1	Cir,	Cir,	6	1600	964	451	0,28
6	San Lázaro	Heliópolis	8	900	956	715	0,79
M-168R	Sevilla	Benacazón (por Espartinas)	40	150	942	918	6,12

Tabla 4.20. Volumen de ocupación de las principales líneas de la ciudad

El conjunto de las líneas que se muestran en la tabla superior soportan un 33,05% de los movimientos totales de la red.

El valor "Peak Flow" representa la lectura del número de viajeros del tramo de línea con mayor volumen, es decir, la ocupación máxima que el vehículo experimenta en todo su recorrido. La relación de este volumen frente a la capacidad de los vehículos genera el grado de ocupación del vehículo.

Se puede apreciar que hay ciertas líneas que tienen un peso importante para la movilidad cotidiana de los ciudadanos, como la línea 3 que une Pinomontano y Bellavista en dirección Bellavista, tienen un alto grado de ocupación de sus vehículos en hora punta. Una solución eficaz para este problema de ocupación es aumentar las frecuencias de paso de los vehículos de estas líneas.

La tabla anterior también muestra que la Línea de Metro, junto con la línea C3 de Tussam, tiene un papel importante en los desplazamientos de la población. Únicamente la Línea de Metro soporta aproximadamente el 10% del total de desplazamientos que se producen en hora punta. Comentar además, la eficiencia de esta línea en cuanto a las frecuencias de paso en Hora Punta, con un factor de ocupación de 1.03 supone que los vagones viajan al límite de su capacidad y en consecuencia, es una línea rentable económica y medioambientalmente, si bien, la ocupación de la línea de metro decae bruscamente fuera de los horarios de hora punta y es en este punto donde habría que buscar un equilibrio entre la oferta y la demanda de viajes, hecho que escapa al alcance de este estudio.

Hay que destacar también el siguiente conjunto de líneas que, aun no teniendo un peso importante en los desplazamientos de los usuarios, tienen unas frecuencias de viaje muy bajas para la demanda de viajeros que soportan.

Ruta	Origen	Destino	Intervalo de pasos (min)	capacidad (Usuarios/HP M)	Tot. usuarios HPM	Volumen máximo (Peak Flow)	Ocupación Máxima V/C
M-174R	Sevilla	Las Pilas	90	66	454	425	5,84
M-142	Coria del Río	Sevilla	60	100	784	584	5,33
M-141	Puebla del Río	Sevilla	60	100	881	533	4,62
M-101-B	Sentido B	Sentido B	60	100	738	462	4,59
M-168R	Sevilla	Benacazón (por Espartinas)	30	200	942	918	4,56
M-132BR	Sevilla	Dos Hermanas (por P, la Isla)	60	50	265	228	4,40

Tabla 4.21. Volumen de ocupación de líneas residuales

5 ANÁLISIS MACROSCÓPICO DE LA DEMANDA DE VIAJES PÚBLICA Y PRIVADA

Para realizar un análisis de la demanda de viajes público y privado y su correspondiente reparto modal, se ha organizado el territorio de estudio en zonas o Macro-Zonas tal y como se aprecia en la imagen inferior, estas Macro-Zonas están formadas por un conjunto de municipios o distritos (el municipio de Sevilla queda dividido en tres zonas, Norte, Centro, Sur).

Para la realización de esta subdivisión del territorio se han tenido en cuenta los siguientes aspectos: Las Macro-Zonas no pueden dividir una ZAT, se busca un reparto homogéneo de la población y de los núcleos poblacionales .

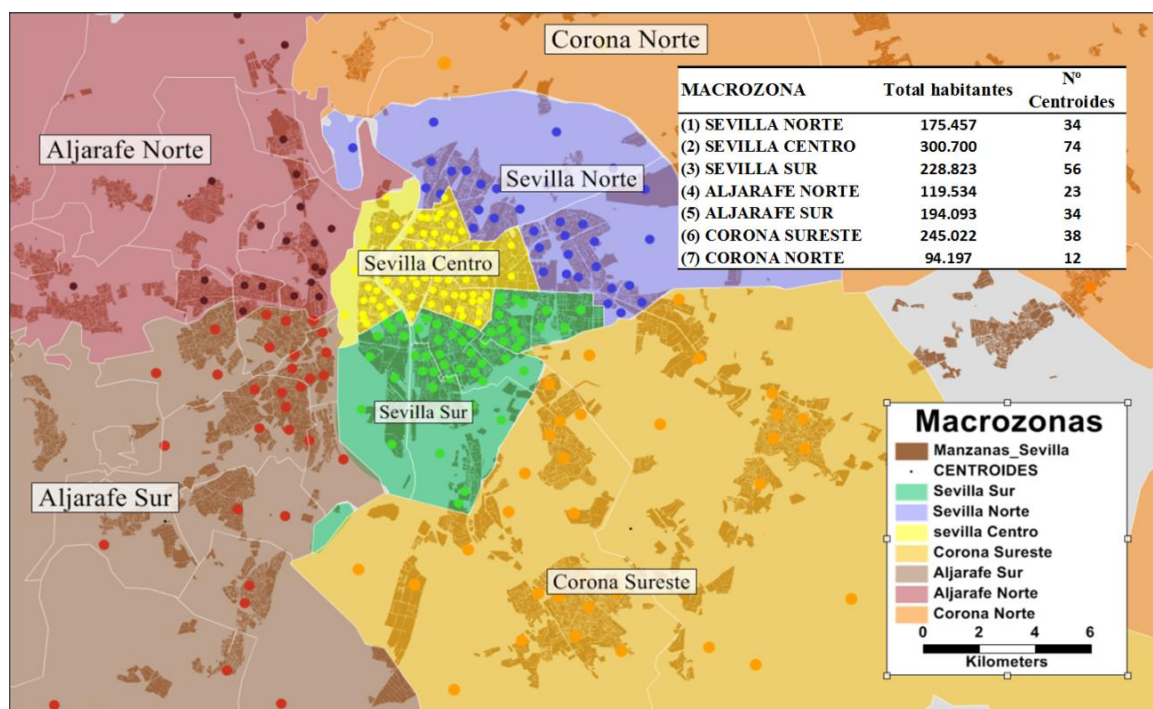


Figura 5.1. Distribución de las macro-zonas del área de estudio
Fuente: Elaboración propia.

MACROZONA	Total habitantes	Nº Centroides	Municipios	Habitantes
(1) SEVILLA NORTE	175.457	34	Sevilla (Distrito Norte)	74.321
			Sevilla (Distrito Este-Alcosa-Torreblanca)	101.136
(2) SEVILLA CENTRO	300.700	74	Sevilla (Distrito: Macarena)	77.187
			Sevilla (Distrito :San Pablo - Santa Justa)	62.346
			Sevilla (Distrito: Nervión)	51.289
			Sevilla (Distrito: Casco Antiguo)	60.078
			Sevilla (Distrito: Triana)	49.800
(3) SEVILLA SUR	228.823	56	(Distrito: Cerro-Amate)	89.954
			(Distrito: Sur)	73.285
			(Distrito: Palmera-Bellavista)	40.462
			(Distrito: Los Remedios)	25.122
(4) ALJARAFA NORTE	119.534	23	Camas	26.535
			Castilleja de la Cuesta	17.474
			Gines	13.299
			Espartinas	14.485
			Sanlucar La Mayor	13.498
			Castilleja de Guzman	2.858
			Valencina de la concepción	7.986
			Santiponce	8.382
			Salteras	5.449
			Olivares	9.568
(5) ALJARAFA SUR	194.093	34	Coria del Río	30.115
			Puebla del Río	12.207
			Gelves	9.591
			Palomares	7.839
			Almensilla	5.814
			Tomares	24.346
			San Juan	21.801
			Bormujos	20.681
			Mairena del Aljarafe	43.305
			Umbrete	8.512
(6) CORONA SURESTE	245.022	38	Bollullos	9.882
			Viso del Alcor	19.099
			Mairena del alcor	22.328
			Alcalá de Guadaira	73.876
(7) CORONA NORTE	94.197	12	Dos Hermanas	129.719
			La Rinconada	37.755
			Alcalá del Río	11.620
			La Algaba	16.029
			Carmona	28.793

Tabla 5.1.Municipios de cada macro-zona
Fuente: Elaboración propia.

El análisis se realiza en base a los datos de las matrices público y privadas de Origen-Destino obtenidas de la Encuesta Domiciliaria de Movilidad de 2007, de la que se han extraído la demanda de viajes en Hora Punta de Mañana, que coincide con la franja horaria de 7:30 a 9:30.

Estas matrices de demanda de viajes cuentan con un total de 271x271 pares O-D. Para el análisis Macro-Zonal se ha llevado a cabo un conjunto de selección donde se incluyen los centroides que se encuentran dentro de cada Macro-Zona (en la tabla superior puede verse el número de centroides que forman cada zona macroscópica de análisis).

Posteriormente se genera una agregación de la matriz O-D en base a la zonificación realizada tanto para la demanda pública como para la privada. Esta agregación reduce la matriz a 49 pares O-D, y cada par representará por tanto el movimiento entre las distintas divisiones.

El resumen de demanda global y el reparto modal de viajes es el siguiente:

REPARTO MODAL DE VIAJES			
Franja Horaria	Modo	Demanda	Porcentual
Hora Punta Mañana 9,92%	Publico	23.740	15,14%
	Privado	133.063	84,86%
Total Demanda Viajes Hora Punta:			156.803
Resto del día 90,08%	Publico	310.995	21,85%
	Privado	1.112.284	78,15%
Total Demanda Resto del Día:			1.423.279

Tabla 5.2. Reparto modal de viajes

Cabe destacar una diferencia importante en cuanto a los datos aportados por la matriz privada frente a la pública. En la primera de ellas, referente a la demanda de viajes privados, los datos de dicha demanda son número de vehículos, frente al número de viajeros que representa la matriz pública. Esto se soluciona introduciendo un **Factor de Ocupación del vehículo privado**. Se ha supuesto un factor de ocupación del vehículo privado de 1,2.

Para que los datos entre las demandas aportadas por las matrices pública y privada puedan compararse, se ha multiplicado ésta última por el factor de ocupación, y en consecuencia dicha matriz estará representando ahora la demanda de viajeros y no la de vehículos.

PRIVADO hora punta mañana (F.Ocupación 1,2)				MACROZONAS (Número de viajeros)				
	Sevilla Norte	Sevilla Centro	Sevilla Sur	Aljarafe Norte	Aljarafe Sur	Corona Suereste	Corona Norte	total
Sevilla Norte	<u>3.866</u>	6.197	3.161	1.232	902	2.185	481	18.025
Sevilla Centro	5.061	<u>12.242</u>	5.598	2.081	1.796	4.076	1.040	31.894
Sevilla Sur	3.932	6.463	<u>4.909</u>	2.153	997	3.436	872	22.761
Aljarafe Norte	1.814	4.121	3.264	<u>2.791</u>	418	3.403	488	16.299
Aljarafe Sur	2.116	4.361	2.376	1.196	<u>2.060</u>	1.948	702	14.759
Corona Suereste	3.091	7.504	3.872	1.794	1.643	<u>5.131</u>	664	23.699
Corona Norte	613	1.774	927	430	415	1.043	<u>425</u>	5.626
total	20.493	42.662	24.107	11.677	8.230	21.222	4.671	133.063

Tabla 5.3. Demanda de viajes en modo privado entre macro-zonas
Fuente: Elaboración propia.

PÚBLICO hora punta mañana				MACROZONAS (Número viajeros)				
	Sevilla Norte	Sevilla Centro	Sevilla Sur	Aljarafe Norte	Aljarafe Sur	Corona Suereste	Corona Norte	total
Sevilla Norte	<u>521</u>	367	122	756	760	365	42	2.931
Sevilla Centro	905	<u>829</u>	167	1.122	1.019	538	82	4.659
Sevilla Sur	465	139	<u>401</u>	804	759	221	36	2.824
Aljarafe Norte	759	257	97	<u>877</u>	642	338	0	2.970
Aljarafe Sur	1.012	586	202	1.070	<u>1.133</u>	448	138	4.587
Corona Suereste	1.113	335	227	1.153	1.570	<u>846</u>	63	5.304
Corona Norte	102	44	90	145	10	37	<u>39</u>	466
total	4.875	2.555	1.304	5.925	5.892	2.791	399	23.740

Tabla 5.4 Demanda de viajes en modo público entre macro-zonas
Fuente: Elaboración propia.

REPARTO MODAL: PÚBLICO				MACROZONAS (Publico/Total)				
	Sevilla Norte	Sevilla Centro	Sevilla Sur	Aljarafe Norte	Aljarafe Sur	Corona Suereste	Corona Norte	media
Sevilla Norte	<u>11,9%</u>	5,6%	3,7%	38,0%	45,7%	14,3%	8,0%	18,2%
Sevilla Centro	15,2%	<u>6,3%</u>	2,9%	35,0%	36,2%	11,6%	7,3%	16,4%
Sevilla Sur	10,6%	2,1%	<u>7,5%</u>	27,2%	43,2%	6,0%	4,0%	14,4%
Aljarafe Norte	29,5%	5,9%	2,9%	<u>23,9%</u>	60,6%	9,0%	0,0%	18,8%
Aljarafe Sur	32,3%	11,8%	7,8%	47,2%	<u>35,5%</u>	18,7%	16,4%	24,3%
Corona Suereste	26,5%	4,3%	5,5%	39,1%	48,9%	<u>14,1%</u>	8,6%	21,0%
Corona Norte	14,3%	2,4%	8,8%	25,2%	2,4%	3,4%	<u>8,3%</u>	9,3%
media	20,03%	5,49%	5,60%	33,66%	38,91%	11,04%	7,52%	15,1%

Tabla 5.5.Reparto modal de la demanda de viajes
Fuente: Elaboración propia.

Hay que tener en cuenta que todos los datos de demandas de viajes que se manejan en este estudio provienen de una Encuesta Domiciliaria de Movilidad de 2007, y por tanto estos datos pueden no reflejar la situación real de movilidad. En efecto, en la matriz final de viajes OD, pueden apreciarse ciertos centroides que no contienen ni demandas como origen de viajes ni como destino para el modo privado de transporte, pero si tienen valores para la demanda de viajes públicos, esto ocurre, por ejemplo, en centroides que se encuentran en la zona **Aljarafe Norte** y por tanto, los resultados referentes a la elección modal se disparan en esta zona.

Además, destacar que la **Línea 1 de Metro de Sevilla** fue inaugurada posteriormente a la realización de la Encuesta Domiciliaria de Movilidad, y por tanto, un gran número de usuarios que cambiaron al modo público por las ventajas que aportaba dicha línea no aparecen reflejados en los resultados.

6 ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD MACROSCÓPICO DEL MODO PÚBLICO FRENTE AL PRIVADO, LOS TIEMPOS DE VIAJE

En este capítulo se detallan los tiempos de viaje medios, diferenciando el modo público del privado, entre las distintas macrozonas definidas en el capítulo anterior. Para el cálculo de estos tiempos (en minutos) no se han tenido en cuenta la demanda de viajes, pueden establecerse por tanto, las relaciones de accesibilidad entre las distintas zonas del municipio para los modos público y privado.

Finalmente se muestra una relación fundamental para entender cómo se produce el reparto modal de la ciudad, la relación de tiempos público/privado.

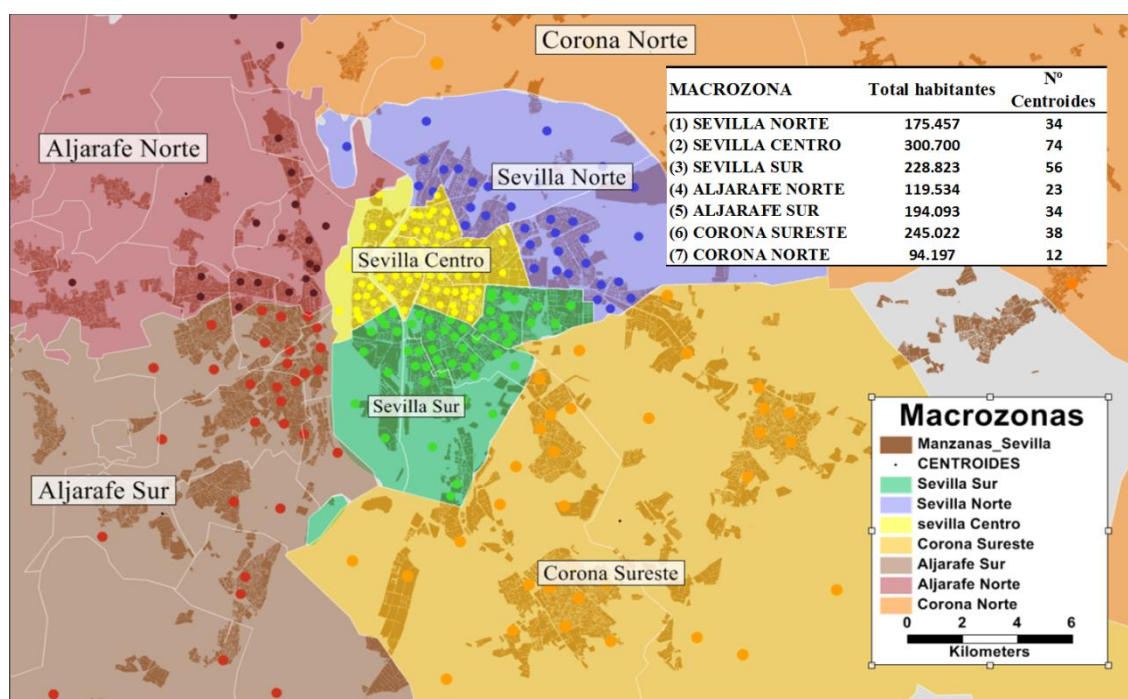


Tabla 6.1Figura 5.1. Distribución de las macro-zonas del área de estudio

6.1. Los tiempos de viaje del transporte privado

Se muestran a continuación las tablas de tiempos (en minutos) para el tráfico privado, la primera de ellas se calcula para el escenario de flujo libre. La segunda muestra los tiempos medios entre las macrozonas en el estado de congestión en hora punta de mañana, correspondiente a la franja horaria de 7:30 a 9:30 horas

PRIVADO Tiempos en flujo libre (minutos)				MACROZONAS (Tiempos de Viaje)				
	Sevilla Norte	Sevilla Centro	Sevilla Sur	Aljarafe Norte	Aljarafe Sur	Corona Suereste	Corona Norte	media
Sevilla Norte	<u>6,70</u>	8,51	9,46	15,49	18,43	15,59	15,75	12,09
Sevilla Centro	8,50	<u>5,03</u>	7,14	11,58	13,92	15,93	17,17	10,44
Sevilla Sur	9,53	7,29	<u>5,31</u>	14,82	15,18	12,53	20,20	11,12
Aljarafe Norte	16,61	11,75	14,77	<u>8,59</u>	13,38	23,36	21,81	14,97
Aljarafe Sur	18,57	13,46	14,64	13,27	<u>11,25</u>	22,41	24,61	16,27
Corona Suereste	15,19	16,03	12,66	23,64	24,01	<u>13,17</u>	26,30	17,97
Corona Norte	14,81	16,21	19,10	19,72	23,17	25,81	<u>13,42</u>	18,44
media	12,1	10,4	10,9	14,6	16,5	17,7	19,4	14,1

Figura 6.1. Tiempos modo privado en flujo libre entre las macro-zonas
Fuente: Elaboración propia.

PRIVADO Tiempos en HPM (minutos)				MACROZONAS (Tiempos de Viaje)				
	Sevilla Norte	Sevilla Centro	Sevilla Sur	Aljarafe Norte	Aljarafe Sur	Corona Suereste	Corona Norte	media
Sevilla Norte	<u>10,97</u>	13,45	14,29	26,20	32,49	20,58	18,83	18,33
Sevilla Centro	15,10	<u>9,30</u>	12,23	21,10	25,48	23,10	21,35	17,26
Sevilla Sur	16,31	13,13	<u>8,63</u>	28,48	30,14	16,70	27,41	18,44
Aljarafe Norte	28,81	20,78	26,50	<u>10,70</u>	16,76	38,01	26,66	22,46
Aljarafe Sur	21,12	21,65	24,53	15,34	<u>13,02</u>	35,81	30,86	21,98
Corona Suereste	23,55	25,40	18,33	41,29	43,27	<u>14,58</u>	36,61	27,00
Corona Norte	19,77	19,89	25,00	24,95	32,40	33,29	<u>13,91</u>	23,26
media	18,58	16,77	17,22	22,21	25,81	24,47	24,02	21,0

Figura 6.2. Tiempos modo privado (HPM)
Fuente: Elaboración propia.

PRIVADO Incremento de HPM/Flujo Libre : (T0 - Tcon)/T0				MACROZONAS (incremento)				
	Sevilla Norte	Sevilla Centro	Sevilla Sur	Aljarafe Norte	Aljarafe Sur	Corona Suereste	Corona Norte	media
Sevilla Norte	0,64	0,58	0,51	0,69	0,76	0,32	0,20	0,48
Sevilla Centro	0,78	0,85	0,71	0,82	0,83	0,45	0,24	0,62
Sevilla Sur	0,71	0,80	0,62	0,92	0,99	0,33	0,36	0,63
Aljarafe Norte	0,73	0,77	0,79	0,25	0,25	0,63	0,22	0,45
Aljarafe Sur	0,68	0,61	0,68	0,16	0,16	0,60	0,25	0,37
Corona Suereste	0,55	0,58	0,45	0,75	0,80	0,11	0,39	0,45
Corona Norte	0,34	0,23	0,31	0,27	0,40	0,29	0,04	0,22
media	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,3	0,2	0,44

Figura 6.3. Incrementos de los tiempos de viaje del modo privado producidos por la congestión en HPM
Fuente: Elaboración propia.

6.2. Los tiempos de viaje del Transporte Público

En el presente apartado se detallan los tiempos de viaje correspondiente al modo público entre las distintas macrozonas.

Hay que destacar que para el cálculo de dichos tiempos no se han tenido en cuenta los tiempos de viaje resultado del los movimientos peatonales de acceso y dispersión al sistema público de transporte, esto se debe a las limitaciones de los análisis macroscópicos, la agrupación de todos los movimientos de generación / atracción de la demanda de viajes, junto a la hipótesis de que los viajes de acceso y dispersión del modelo público se realizan a pie, hace que dichos movimientos tengan unos tiempos de ejecución desorbitados, consecuencia de que algunos de los centroides del modelo se encuentren a una distancia excesiva del sistema de transporte público.

En definitiva, para el cálculo de los tiempos de viaje del modo público, se establece la hipótesis de que todos los viajes parten desde la parada de la línea y no desde el centroide de origen.

PÚBLICO: TIEMPO TOTAL DEL VIAJE (minutos)				MACROZONAS (Tiempos de Viaje)				
	Sevilla Norte	Sevilla Centro	Sevilla Sur	Aljarafe Norte	Aljarafe Sur	Corona Suereste	Corona Norte	media
Sevilla Norte	30,93	26,33	32,90	55,57	48,00	52,99	52,96	41,17
Sevilla Centro	28,61	16,34	22,24	35,10	31,04	42,16	46,24	30,04
Sevilla Sur	33,42	21,95	18,44	45,68	34,20	36,31	54,06	32,87
Aljarafe Norte	58,23	36,03	48,20	22,67	38,04	71,97	68,41	45,90
Aljarafe Sur	49,61	31,08	34,87	40,19	30,15	56,00	66,79	42,33
Corona Suereste	53,17	43,08	39,16	73,17	59,03	48,69	75,09	54,43
Corona Norte	48,48	37,96	49,16	59,18	58,74	69,11	54,47	53,06
media	41,73	29,01	33,11	44,61	41,23	52,51	58,95	41,94

Figura 6.4. Tiempos de viaje del modo público entre macrozonas (HPM)

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1. Tiempos parciales del Transporte Público

Acceso al sistema		Espera inicial en parada		En vehículo		A pie por transbordos		Espera en transbordo		A pie por Dispersión	
				En circulación		Σ En en paradas					

PÚBLICO parcial: T. Espera inicial en parada MACROZONAS (minutos)										PÚBLICO parcial: T. En circulación (sin paradas) MACROZONAS (minutos)									
	Sevilla Norte	Sevilla Centro	Sevilla Sur	Aljarafe Norte	Aljarafe Sur	Corona Suereste	Corona Norte	media		Sevilla Norte	Sevilla Centro	Sevilla Sur	Aljarafe Norte	Aljarafe Sur	Corona Suereste	Corona Norte	media		
Sevilla Norte	5,01	4,20	4,27	5,50	4,54	4,82	7,91	5,07	Sevilla Norte	11,09	11,96	14,38	25,46	22,68	23,47	19,82	17,55		
Sevilla Centro	3,09	2,90	2,99	3,83	3,02	3,34	7,90	3,62	Sevilla Centro	12,32	6,48	9,06	16,16	13,62	20,27	16,08	12,65		
Sevilla Sur	3,34	3,22	3,42	4,45	3,27	4,50	4,28	3,74	Sevilla Sur	15,16	9,44	6,44	21,33	15,41	17,70	22,20	14,25		
Aljarafe Norte	4,46	4,40	4,60	4,38	5,29	4,72	4,16	4,56	Aljarafe Norte	28,76	18,56	23,80	9,64	15,91	36,58	34,71	21,97		
Aljarafe Sur	4,06	4,15	4,01	8,47	7,32	3,95	4,70	5,00	Aljarafe Sur	23,65	14,72	15,48	15,02	9,91	27,40	30,25	18,21		
Corona Suereste	8,65	8,59	8,66	8,01	8,89	9,72	8,93	8,77	Corona Suereste	23,72	20,88	18,49	36,57	28,84	19,99	31,24	24,96		
Corona Norte	10,77	10,55	9,65	13,21	10,67	10,13	11,62	10,89	Corona Norte	19,76	16,64	21,43	29,92	27,61	31,32	17,59	22,80		
media	5,08	4,87	4,89	6,24	5,56	5,39	6,59	5,49	media	18,19	13,19	14,30	20,24	17,94	24,49	23,60	18,4		

PÚBLICO parcial: en paradas del vehículo MACROZONAS (minutos)										PÚBLICO parcial: tiempo peatonal por transbordos MACROZONAS (minutos)									
	Sevilla Norte	Sevilla Centro	Sevilla Sur	Aljarafe Norte	Aljarafe Sur	Corona Suereste	Corona Norte	media		Sevilla Norte	Sevilla Centro	Sevilla Sur	Aljarafe Norte	Aljarafe Sur	Corona Suereste	Corona Norte	media		
Sevilla Norte	5,78	5,73	7,55	9,44	9,51	9,75	6,89	7,63	Sevilla Norte	2,87	1,14	2,50	8,97	4,87	6,27	3,31	3,57		
Sevilla Centro	6,26	3,50	5,09	5,17	5,49	7,63	5,47	5,39	Sevilla Centro	1,88	0,57	1,28	5,29	3,26	3,58	1,42	1,98		
Sevilla Sur	7,56	4,98	3,71	7,68	6,47	5,26	9,34	6,17	Sevilla Sur	1,87	1,26	1,08	5,82	3,51	2,34	3,89	2,41		
Aljarafe Norte	10,66	6,22	8,32	3,65	5,96	11,58	7,41	7,23	Aljarafe Norte	6,37	3,16	5,98	0,99	3,16	8,42	3,14	3,72		
Aljarafe Sur	9,96	5,61	6,49	5,43	3,87	9,74	9,21	6,81	Aljarafe Sur	4,96	2,82	4,17	4,20	2,33	6,53	4,02	3,95		
Corona Suereste	9,13	6,87	5,20	10,38	9,04	4,77	10,79	7,68	Corona Suereste	4,74	2,81	2,27	6,84	5,35	3,63	7,85	4,39		
Corona Norte	7,43	5,30	9,31	6,48	9,05	12,59	3,87	7,25	Corona Norte	3,25	1,59	3,64	3,38	3,87	7,30	0,87	2,86		
media	7,93	5,36	6,25	6,52	6,75	8,27	7,20	6,83	media	3,37	1,65	2,55	4,29	3,64	4,99	2,86	3,16		

PÚBLICO parcial: tiempo de espera en transbordos MACROZONAS (minutos)										PÚBLICO número de transbordos MACROZONAS									
	Sevilla Norte	Sevilla Centro	Sevilla Sur	Aljarafe Norte	Aljarafe Sur	Corona Suereste	Corona Norte	media		Sevilla Norte	Sevilla Centro	Sevilla Sur	Aljarafe Norte	Aljarafe Sur	Corona Suereste	Corona Norte	media		
Sevilla Norte	6,18	3,30	4,21	6,19	6,40	8,68	15,02	6,41	Sevilla Norte	1,07	0,79	1,14	1,79	1,89	1,60	1,32	1,32		
Sevilla Centro	5,07	2,89	3,83	4,64	5,64	7,35	15,37	5,57	Sevilla Centro	0,94	0,35	0,57	1,22	1,03	1,09	0,72	0,79		
Sevilla Sur	5,48	3,05	3,79	6,40	5,54	6,50	14,35	5,76	Sevilla Sur	1,18	0,51	0,44	1,53	0,92	0,84	1,46	0,89		
Aljarafe Norte	7,99	3,69	5,51	4,01	7,72	10,68	18,98	7,22	Aljarafe Norte	1,98	1,08	1,65	0,54	1,04	2,54	1,22	1,30		
Aljarafe Sur	6,98	3,77	4,72	7,07	6,72	8,37	18,62	7,11	Aljarafe Sur	1,85	1,03	1,05	1,19	0,61	1,69	1,74	1,23		
Corona Suereste	6,92	3,92	4,54	11,37	6,90	10,58	16,27	7,74	Corona Suereste	1,62	0,98	0,80	2,15	1,46	0,99	1,68	1,31		
Corona Norte	7,27	3,88	5,12	6,18	7,55	7,78	20,53	7,27	Corona Norte	1,25	0,73	1,34	1,35	1,88	1,68	0,83	1,23		
media	6,48	3,48	4,49	6,24	6,59	8,44	16,88	6,68	media	1,37	0,73	0,91	1,30	1,18	1,40	1,22	1,13		

Figura 6.5. Tiempos de viaje parciales del modo público entre macrozonas

6.3. Relación entre los tiempos de viaje Público/Privado

RELACIÓN PÚBLICO/PRIVADO DE LOS TIEMPOS DE VIAJE HPM								
	Sevilla Norte	Sevilla Centro	Sevilla Sur	Aljarafe Norte	Aljarafe Sur	Corona Suereste	Corona Norte	media
Sevilla Norte	2,82	1,96	2,30	2,12	1,48	2,57	2,81	2,25
Sevilla Centro	1,90	1,76	1,82	1,66	1,22	1,82	2,17	1,74
Sevilla Sur	2,05	1,67	2,14	1,60	1,13	2,17	1,97	1,78
Aljarafe Norte	2,02	1,73	1,82	2,12	2,27	1,89	2,57	2,04
Aljarafe Sur	2,35	1,44	1,42	2,62	2,31	1,56	2,16	1,93
Corona Suereste	2,26	1,70	2,14	1,77	1,36	3,34	2,05	2,02
Corona Norte	2,45	1,91	1,97	2,37	1,81	2,08	3,92	2,28
media	2,25	1,73	1,92	2,01	1,60	2,15	2,45	2,00

PRIVADO (minutos)								
	Sevilla Norte	Sevilla Centro	Sevilla Sur	Aljarafe Norte	Aljarafe Sur	Corona Suereste	Corona Norte	media
Sevilla Norte	6,70	8,51	9,46	15,49	18,43	15,59	15,75	12,09
Sevilla Centro	8,50	5,03	7,14	11,58	13,92	15,93	17,17	10,44
Sevilla Sur	9,53	7,29	5,31	14,82	15,18	12,53	20,20	11,12
Aljarafe Norte	16,61	11,75	14,77	8,59	13,38	23,36	21,81	14,97
Aljarafe Sur	18,57	13,46	14,64	13,27	11,25	22,41	24,61	16,27
Corona Suereste	15,19	16,03	12,66	23,64	24,01	13,17	26,30	17,97
Corona Norte	14,81	16,21	19,10	19,72	23,17	25,81	13,42	18,44
media	12,1	10,4	10,9	14,6	16,5	17,7	19,4	14,1

PÚBLICO (minutos)								
	Sevilla Norte	Sevilla Centro	Sevilla Sur	Aljarafe Norte	Aljarafe Sur	Corona Suereste	Corona Norte	media
Sevilla Norte	30,93	26,33	32,90	55,57	48,00	52,99	52,96	41,17
Sevilla Centro	28,61	16,34	22,24	35,10	31,04	42,16	46,24	30,04
Sevilla Sur	33,42	21,95	18,44	45,68	34,20	36,31	54,06	32,87
Aljarafe Norte	58,23	36,03	48,20	22,67	38,04	71,97	68,41	45,90
Aljarafe Sur	49,61	31,08	34,87	40,19	30,15	56,00	66,79	42,33
Corona Suereste	53,17	43,08	39,16	73,17	59,03	48,69	75,09	54,43
Corona Norte	48,48	37,96	49,16	59,18	58,74	69,11	54,47	53,06
media	41,7	29,0	33,1	44,6	41,2	52,5	59,0	41,9

Tabla 6.2. Relación entre los tiempos del modo público frente al privado

Fuente: Elaboración propia.

De la lectura de la tabla superior, que relaciona los tiempos de viaje del modo público frente a sus análogos del modo privado, pueden determinarse las siguientes conclusiones:

- Los tiempos de viaje intrazonales en transporte público del área de **Sevilla Norte** (Distritos Norte y Este-Alcosa-Torreblanca) son casi 3 veces más altos que sus análogos del modo privado. Esto puede deberse a la estructura de las rutas que operan en la zona, tanto por su **recorrido**, muy ramificado, como por el alto **número de paradas** que ejecutan.
- Los tiempos de viaje intrazonales en transporte público de la **Corona Suereste** (Dos Hermanas y Alcalá de Guadaira principalmente) son con diferencia, los que más se alejan de los tiempos en transporte privado. Esto se debe fundamentalmente, a que estos municipios cuentan con sistemas de **transporte público urbanos propios** que dan servicio a ambos municipios. Estos sistemas no han sido introducidos en el modelo de transporte de este estudio y, por tanto, no están disponibles en la asignación.
- La eficiencia del sistema de transporte público frente al privado para los movimientos entre los territorios correspondientes a **Aljarafe Sur** y las zonas de **Sevilla Centro** y **Sevilla Sur**. No hay duda de que la competitividad del modo público frente al modo privado en estos desplazamientos radica en la **Línea de Metro 1** de Sevilla que conecta el territorio del Aljarafe y Dos Hermanas, pasando por Sevilla.
- Es necesario destacar también el movimiento entre las zonas del **Aljarafe Sur** y **Sevilla Norte** donde el sistema público de transporte deja de ser competitivo frente al privado, el principal motivo reside en el alto número de transbordos que hay que realizar para generar el viaje
- Otro aspecto importante que muestran los resultados es el alto incremento de los tiempos de viaje del modo público frente al privado entre la **Corona Norte** y la zona **Aljarafe Norte** y entre ésta y la zona **Aljarafe Sur**, consecuencia de la estructura de las rutas de los autobuses metropolitanos, este modo de transporte (que da cobertura a los municipios de las zonas mencionadas) tiene una

estructura básicamente radial, conectando directamente los municipios de la periferia con el centro de Sevilla. Esta estructura hace que los viajes en transporte público entre los municipios de la corona metropolitana sean prácticamente imposibles de realizar de un modo directo. En consecuencia, los usuarios que se dispongan a realizar un viaje entre estos municipios (prácticamente colindantes), se ven obligados a realizar un primer movimiento hacia la capital, donde se realiza el transbordo de vuelta.

ANEXO. A: MANEJO DE LA HERRAMIENTA TRANSCAD

El presente anexo tiene como fin la creación de un manual en el que se detallan cuáles y cómo son los pasos a seguir para la correcta utilización del programa empleado en este estudio.

El manual tiene como objetivo que cualquier usuario con conocimientos en áreas de la Ingeniería del Transporte pueda usarlo como guía para realizar macro-simulación y posterior análisis del transporte público y privado dentro de cualquier área de estudio, ya que, aunque el manual se ejecuta en base a un área determinada (provincia de Sevilla), este se hace extensible a cualquier localización.

El anexo se estructura en dos capítulos independientes, en el primero de ellos se dan las pautas para la realización de un grafo de redes y posterior implementación del algoritmo de asignación del transporte privado. En el segundo capítulo se detallan los procedimientos para realizar una modelo digital del sistema de rutas del transporte público, la asignación de la demanda y la lectura de los resultados de dicha asignación.

Índice de figuras. Anexo A

Figura 1.1. Creación de nuevo archivo	75
Figura 1.2. Campos de tabla de atributos	76
Figura 1.3. Campos de tabla de atributos II	76
Figura 1.4. Cuadro de diálogo, guardar archivo (*.dbd).	76
Figura 1.5. Caja herramientas de capa de líneas.	77
Figura 1.6. Entorno de TrasnCAD, edición de capas I	77
Figura 1.7. Entorno de TrasnCAD, edición de capas II	78
Figura 1.8. Entorno de TrasnCAD, Visualización de tabla de atributos.	78
Figura 1.9. Creación de topología de red.	79
Figura 1.10. Entorno de TrasnCAD, estilos de capas.	79
Figura 1.11. Entorno de TrasnCAD, herramienta de selección.	80
Figura 1.12. Entorno de TrasnCAD, herramienta de llenado de campos I.	80
Figura 1.13. Entorno de TrasnCAD, herramienta de llenado de campos II.	80
Figura 1.14. Entorno de TrasnCAD, herramienta de llenado de campos III.	80
Figura 1.15. Cuadro de diálogo de preferencias.	81
Figura 1.16. Entorno de TrasnCAD, visualización de atributos.	81
Figura 1.17. Cuadro de diálogo, Creación de conectores.	82
Figura 1.18. Cuadro de diálogo de creación de un "Network"	83
Figura 1.19. Figura 5. Cuadro de diálogo, guardar archivo (*.net).	83
Figura 1.20. Cuadro de diálogo, ajustes del "Network", general.	84
Figura 1.21. Cuadro de diálogo, ajustes del "Network", Penalizaciones por giros.	84
Figura 1.22. Cuadro de diálogo, ajustes de la asignación.	85
Figura 1.23. Cuadro de diálogo, archivos de salida del proceso de asignación.	85
Figura 1.24. Cuadro de diálogo, error en la asignación.	86
Figura 1.25. Identificación de los errores de asignación.	86
Figura 1.26. Estado computacional del proceso de asignación.	87
Figura 1.27. Cuadro de diálogo, "Result summary"	87
Figura 1.28. Ajustes de unión entre tablas.	87
Figura 1.29. Tabla de atributos resultado de la asignación.	88
Figura 1.30. Cuadro de diálogo, ajustes de mapas de color.	88
Figura 1.31. Entorno de TrasnCAD, mapa de color de la asignación.	89
Figura 1.32. Cuadro de diálogo, comparación de escenarios.	89
Figura 1.33. Entorno de TrasnCAD, visualización de mapas comparativos.	90
Figura 2.1. Entorno de TrasnCAD, apertura visualización de la red de carreteras.	93
Figura 2.2. Tipos de arcos de la red.	93
Figura 2.3. Cuadro de diálogo, herramienta de selección por localización.	94
Figura 2.4. Cuadro de diálogo, creación de archivo geográfico de áreas.	95
Figura 2.5. Cuadro de diálogo, Modificación de tabla de atributos.	95
Figura 2.6. Caja de herramientas de capa de áreas.	95
Figura 2.7. Entorno de TrasnCAD, edición de capa de áreas.	96
Figura 2.8. Cuadro de diálogo, Georreferenciación.	96
Figura 2.9. Visualización de imágenes georreferenciadas.	97
Figura 2.10. Cuadro de diálogo, Creación del archivo "Route System".	97
Figura 2.11. Campos del "Route System".	98
Figura 2.12. Cuadro de diálogo, guardar archivo (*.rts).	98
Figura 2.13. Cuadro de diálogo, creación del "Network" del Sistema de Rutas.	99
Figura 2.14. Entorno de TrasnCAD, visualización del "Network" activo.	99
Figura 2.15. Caja de herramientas de creación de rutas.	99
Figura 2.16. Cuadro de diálogo, ajustes del método de creación de rutas.	100
Figura 2.17. Cuadro de diálogo, introducción del nombre de ruta.	100

Figura 2.18. Entorno de TrasnCAD, creación de rutas.	101
Figura 2.19. Cuadro de diálogo, creación automática de rutas	101
Figura 2.20. Cuadro de diálogo, selección de rutas.	102
Figura 2.21. Detalle de rutas con mismo apeadero.	102
Figura 2.22. Detalle de la configuración incorrecta (arriba) y correcta (abajo) de las paradas.	102
Figura 2.23. Cuadro de diálogo, Campos de la "Stop Layer".	103
Figura 2.24. Cuadro de diálogo, vincular las paradas a los nodos cercanos	103
Figura 2.25.. Cuadro de diálogo, aviso de error sobre la vinculación de las paradas a los nodos.	103
Figura 2.26. Detalle campos del "Route System".	104
Figura 2.27. Cuadro de diálogo, creación de la tabla de modos.	105
Figura 2.28. Tabla de modos de Transporte.	105
Figura 2.29. Cuadro de diálogo, ajustes del "Transit Network" I.	107
Figura 2.30. Cuadro de diálogo, ajustes del "Transit Network" II.	108
Figura 2.31. Cuadro de diálogo, ajustes del "Transit Network" III.	108
Figura 2.32. Cuadro de diálogo, ajustes del "Transit Network" IV.	108
Figura 2.33. Cuadro de diálogo, actualización de atributos del "Transit Network".	109
Figura 2.34. Cuadro de diálogo, Configuración del sistema de Transporte, ajustes por modo.	115
Figura 2.35. Cuadro de diálogo, Configuración del sistema de Transporte, ajustes de tiempos.	117
Figura 2.36. Cuadro de diálogo, Configuración del sistema de Transporte, ajustes de los pesos.	118
Figura 2.37. Cuadro de diálogo, ajustes de la asignación de la matriz de viajes.	120
Figura 2.38. Cuadro de diálogo, selección de los resultados aportados por la asignación.	120
Figura 2.39. Cuadro de diálogo, archivos de salida del proceso de asignación Público.	121
Figura 2.40. Entorno de TrasnCAD, visualización de los resultados de la asignación.	122
Figura 2.41. Entorno de TrasnCAD, mapa y tabla de flujos de Transporte Público.	126
Figura 2.42. diagrama y mapa de flujos de Transporte Público (Línea 1 Metro Sevilla)	127
Figura 2.43. Densidad de subidas/bajadas y flujo de pasajeros	128
Figura 2.44. Cuadro de diálogo, Llenado de la Red base con atributos del "Route System".	129
Figura 2.45. Mapa de densidad de circulación de buses por hora, municipio de Sevilla.	129
Figura 2.46. Cuadro de diálogo, selección de los resultados aportados por la asignación.	131
Figura 2.47. Cuadro de diálogo, selección de los parámetros "Skimming"	131

1 MÉTODO DE ASIGNACIÓN DEL TRANSPORTE PRIVADO

1.1. CREACIÓN DE LA RED DE CARRETERAS

1.1.1. Crear el archivo geográfico de red

En el caso de que no se disponga de un archivo geográfico base de la red vial del área de estudio, será necesario crear uno:

File > New > Geographic File > Ok.

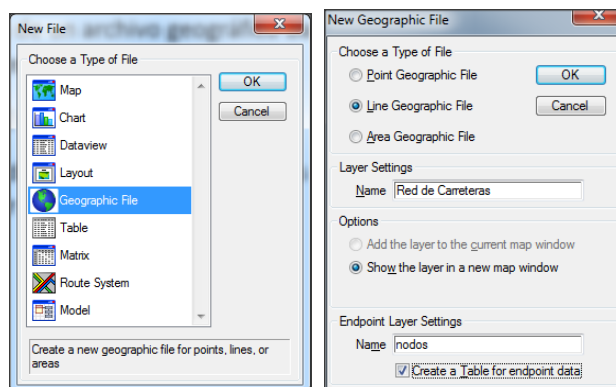


Figura 1.1. Creación de nuevo archivo

Elegir el tipo de archivo. En este caso “Line Geographic File”.

Los “New Endpoint Layer” representaran a los nodos (intersecciones) de la red vial y a los Centroides.

Es necesario activar la casilla “Create a Table for endpoint data” para actualizarla posteriormente y designar aquellos nodos que sean Centroides.

Si por el contrario se dispone de una capa (.dbd) de líneas de la red vial solo habrá que abrir dicho archivo:

File > Open > *.dbd

1.1.2. Crear los campos de la base de datos de la red vial

Para jerarquizar la red es necesario disponer de unos campos fundamentales que caractericen cada arco. Estos campos son:

Longitud del arco.

Número de carriles.

Capacidad por carril.

Velocidad de flujo libre: Velocidad de diseño de la vía correspondiente a cada arco.

Factor de Regulación: en función de las características de la vía, caracteriza la capacidad real de la vía correspondiente a cada arco.

Coefficiente Alpha: Caracteriza la función de demora BPR .

Coefficiente Beta: Caracteriza la función de demora BPR.

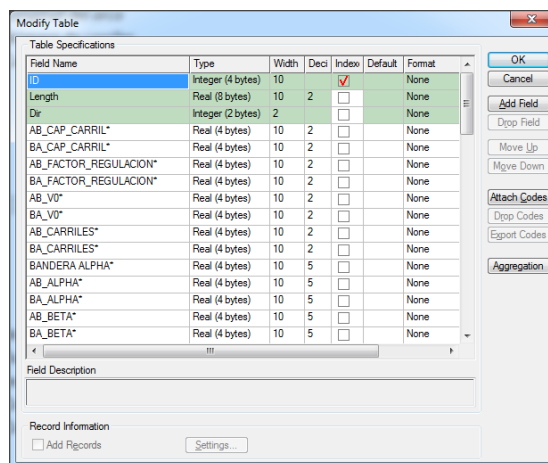


Figura 1.2. Campos de tabla de atributos

Estos parámetros son fundamentales para calcular las características que definen el tráfico por la red:

$\text{Capacidad} = \text{Capacidad por carril} * \text{Número de carriles} * \text{F. de regularización}$

$\text{Tiempo de Flujo Libre} = \text{Longitud} / \text{Velocidad de flujo libre.}$

Alpha y Beta.

Estos campos, se rellenarán aplicando una fórmula una se hayan jerarquizados todos los anteriores. Es posible crear, modificar o borrar campos de la Tabla de atributos asociada a nuestra capa de arcos en:

Dataview > Modify Table > Add Field).

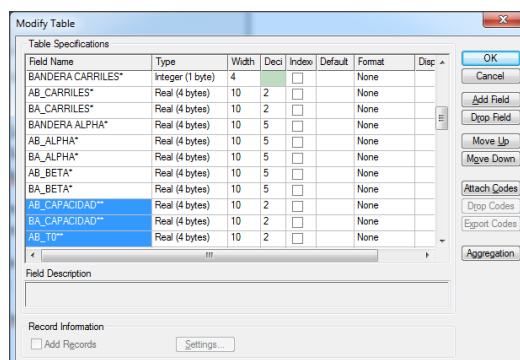


Figura 1.3. Campos de tabla de atributos II

1.1.3. Grabar el archivo “Red.dbd”

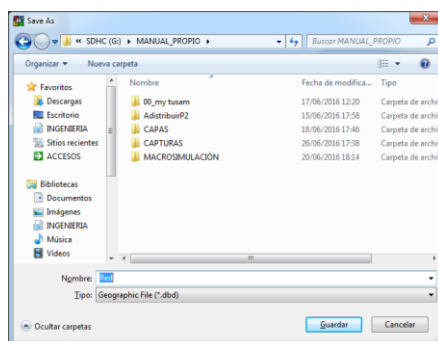


Figura 1.4. Cuadro de diálogo, guardar archivo (*.dbd).

Es importante entender que TransCAD guarda automáticamente los cambios realizados sobre las capas, tanto los grafos como sus respectivas tablas de atributos, salir de una vista sin guardarla o de una tabla de atributos no deshace modificaciones realizadas con anterioridad. Guardar los cambios de un (*.map) o de un (*.dataview) solo guarda la manera en la que se presenta la información.






1.1.4. Construir o actualizar la red vial

En este punto se dan las condiciones para construir nuestra red de carreteras, para ello, teniendo seleccionada como capa de trabajo la capa “Red de carreteras”, se activa la caja de herramientas para construir la red vial:



Tools > Map Editing > Toolbox ó F10.



Figura 1.5. Caja herramientas de capa de líneas.

-  Modificar arco ya creado.
-  Crear un nuevo arco.
-  Borrar un arco.
-  Unir dos arcos, eliminando el nodo que los une.
-  Separa un arco en dos diferentes, mediante un nodo.

Activar la “Cruz” de la caja de Herramientas (Map Editing) e iniciar la construcción de la red vial.

-  Las modificaciones realizadas se guardarán en el momento de presionar el semáforo verde.
-  Si no se desea guardar los cambios efectuados de la edición de la capa habrá que pulsar el semáforo rojo.

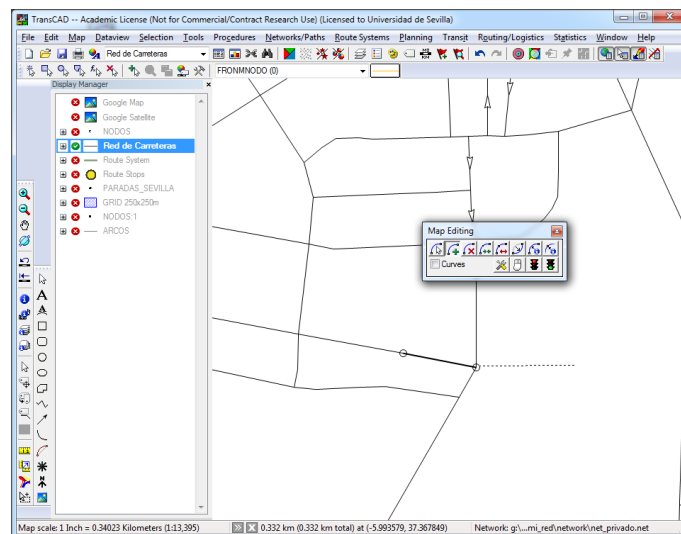


Figura 1.6. Entorno de TrasnCAD, edición de capas I

TrasnCAD dispone de algunas herramientas de visualización de mapas como “Google Map” o “Google Satellite”, activando alguna de estas capas tendremos, en el entorno de TrasnCAD una visualización de dichos mapas, lo que facilitará la creación de la red, estas visualizaciones están georreferenciadas y por tanto son una buena base para la creación de la red, para abrirlas:

Tools > Imagery > Web Map Layers > Google Maps.

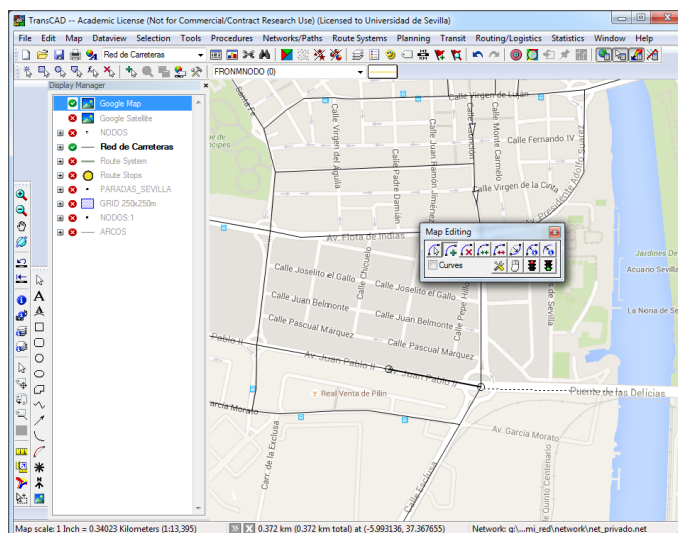


Figura 1.7. Entorno de TransCAD, edición de capas II

Mientras se genera la red TransCAD irá actualizando la base de datos asociada a la capa de redes.

ID	Length	Designation	Dir.	Other Attributes
1400	0.24	32 Av. Jose Lagalle	0	
1401	0.27	32 Av. Jose Lagalle	0	
1403	0.09	32 Av. Jose Lagalle	0	
3782	0.01	32 Av. Jose Lagalle	0	
3826	0.42	32 Av. Jose Lagalle	0	
3836	0.11	40 Av. Jose Lagalle	0	
1212	0.33	32 Av. Juan Antonio	0	
1462	0.09	32 Av. Juan Antonio	0	
3480	0.12	32 Av. Juan Antonio	0	
1084	0.52	32 Av. Juan Pablo II	0	
1086	0.36	32 Av. Juan Pablo II	0	
2812	0.25	32 Av. Juan Pablo II	0	
2873	0.26	32 Av. Juan Pablo II	0	
2888	0.09	32 Av. Juan Pablo II	0	
2882	0.09	32 Av. Juan Pablo II	0	
1526	0.05	32 Av. Juan Pablo II	0	
4020	0.22	32 Av. Juan Pablo II	0	
1931	0.12	31 Av. Las Leandras	0	
1932	0.05	31 Av. Las Leandras	0	
2180	0.09	31 Av. Las Leandras	0	
1934	0.21	31 Av. Los Cuervos	0	
1528	0.21	31 Av. Los Cuervos	0	
2097	0.11	31 Av. Los Cuervos	0	
2098	0.16	31 Av. Los Cuervos	0	
2109	0.25	31 Av. Los Cuervos	0	
2111	0.19	31 Av. Los Cuervos	0	
1519	0.25	31 Av. Mado Salva	0	
3858	0.19	31 Av. Mado Salva	0	
1470	0.19	32 Av. Manuel Soto	0	
1471	0.10	32 Av. Manuel Soto	0	
1472	0.09	32 Av. Manuel Soto	0	

Figura 1.8. Entorno de TransCAD, Visualización de tabla de atributos.

En esta “DataView” aparece un campo “Dir.”, que representa la dirección de circulación (sentido de la digitalización) de cada arco, los valores que pueden tomar son :

Valor 1 si la circulación se hace en sentido topológico.

Valor 0 si la circulación es en ambos sentidos.

Valor -1 si la circulación es en sentido opuesto al sentido topológico.

El sentido topológico representa la dirección que se ha tomado en el momento de la creación del arco. Este factor es importante a la hora de otorgarle el valor “Dir.” a cada arco ya que el algoritmo de asignación tendrá en cuenta este valor a la hora de establecer el sentido de la circulación por el arco.



Figura 1.9. Creación de topología de red.

En el ejemplo superior el sentido topológico del arco será de Izquierda a derecha, el valor de “Dir.” será (1) si el sentido de la circulación, o sentido de digitalización es el mismo que el topológico, (-1) si es el contrario o (0) si es en ambos sentidos.

TrasnCAD asigna por defecto el valor (0) a este campo, por tanto, si creamos un nuevo arco que representa una carretera de un único sentido habrá que actualizar manualmente dicho campo.

Si existiera alguna duda sobre el sentido topológico de los arcos, es posible representar gráficamente tanto el sentido topológico como el de digitalización de los arcos previamente creados:

Map Layer > Style.

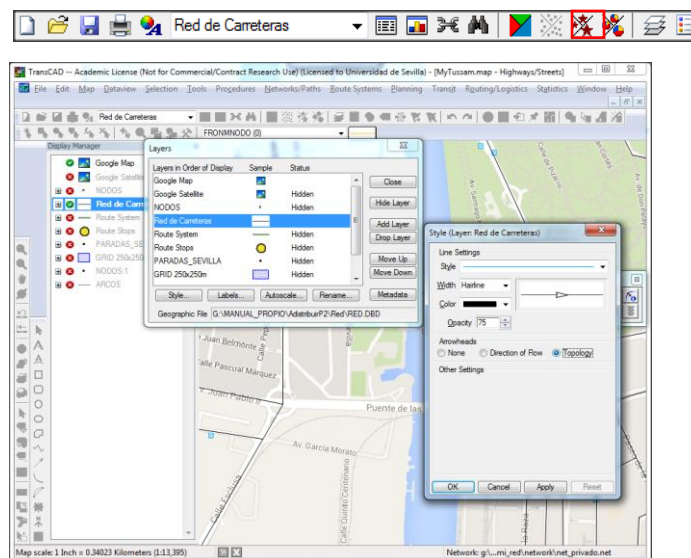





Figura 1.10. Entorno de TrasnCAD, estilos de capas.

1.1.5. Llenado de los atributos de la Red Vial

Mediante las herramientas de selección, se seleccionan los arcos con las mismas características quieran se actualizados, posteriormente se abre su "Dataview".

Herramientas de Selección:



La selección puede realizarse mediante Clic , áreas  o funciones de selección . Este último método es el más funcional si se ha ido actualizando algún campo que jerarquice los distintos tipos de vía y poder de esta forma seleccionar de manera masiva los arcos que correspondan con la caracterización que se quiera actualizar.

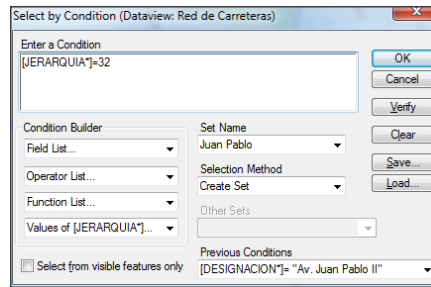


Figura 1.11. Entorno de TrasnCAD, herramienta de selección.

Sombrear el Campo a ser llenado con “Clic” derecho activar el “Fill”. Utilizar “Single Value” para valores simples.

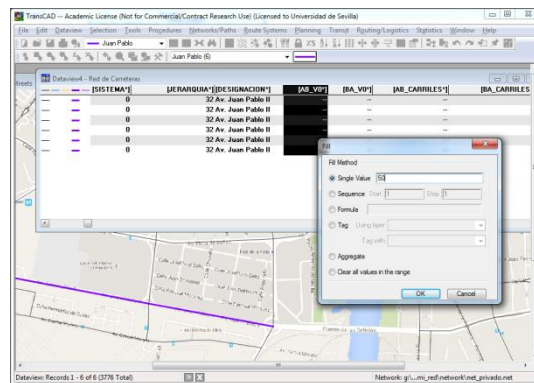


Figura 1.12. Entorno de TrasnCAD, herramienta de llenado de campos I.

“Formula” para realizar los cálculos de la capacidad de los arcos.

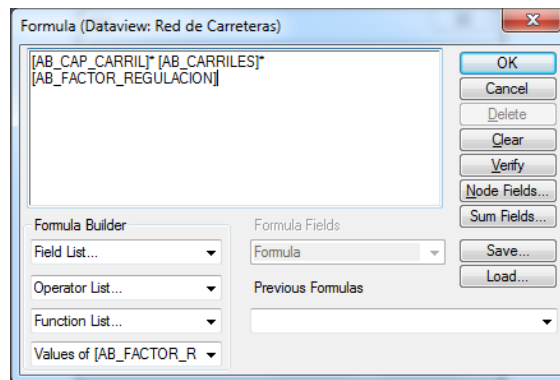


Figura 1.13. Entorno de TrasnCAD, herramienta de llenado de campos II.

“Formula” para realizar los cálculos del tiempo de flujo libre en los arcos.

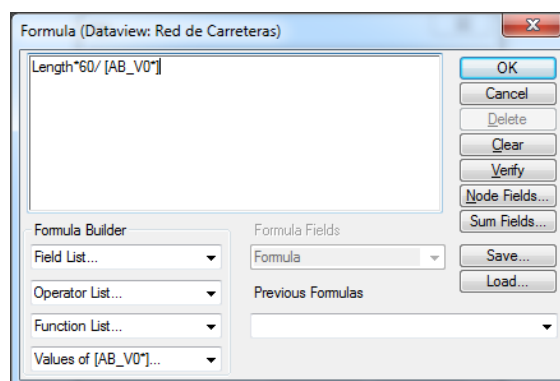


Figura 1.14. Entorno de TrasnCAD, herramienta de llenado de campos III.

Para que la fórmula anterior genere tiempos en minutos es necesario que el campo “Length” venga expresado en [Km] y haber introducido el campo “AB_V0” en [Km/h] para ello:

Edit > Preferences > System > Map Units > Kilometers.

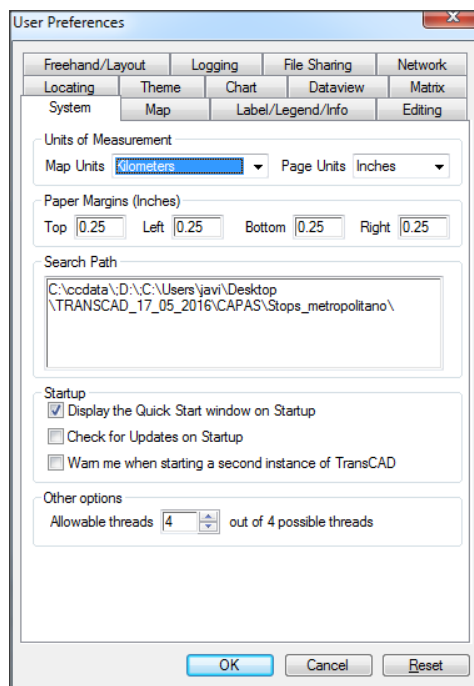


Figura 1.15. Cuadro de diálogo de preferencias.

Resultado del llenado de la base de datos:

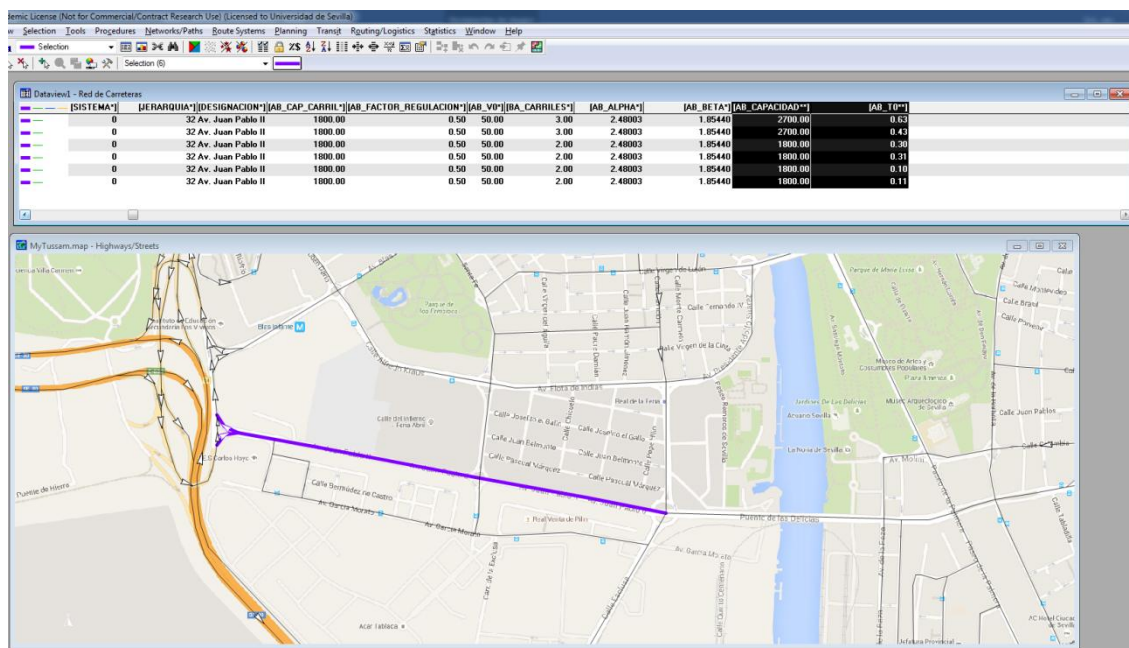


Figura 1.16. Entorno de TransCAD, visualización de atributos.

1.1.6. Introducir y conectar los Centroides a la red

En este tipo de modelos la generación y atracción de cada uno de las ZT se realiza a través sus Centroides, de manera que todos los viajes tendrán como origen y destino estos nodos o Centroides.

TransCAD dispone de un módulo que genera automáticamente los Centroides de cada uno de las ZT y une dichos nodos a la red mediante unos arcos denominados conectores, para ello, se deberá introducir

previamente la el archivo geográfico que determine la zonificación de la zona de estudio, para entender cómo se generan las ZT véase el apartado **"2.1.1.4. Crear las Zonas de Análisis de Transporte"**

Tools > Map Editing > Connect...

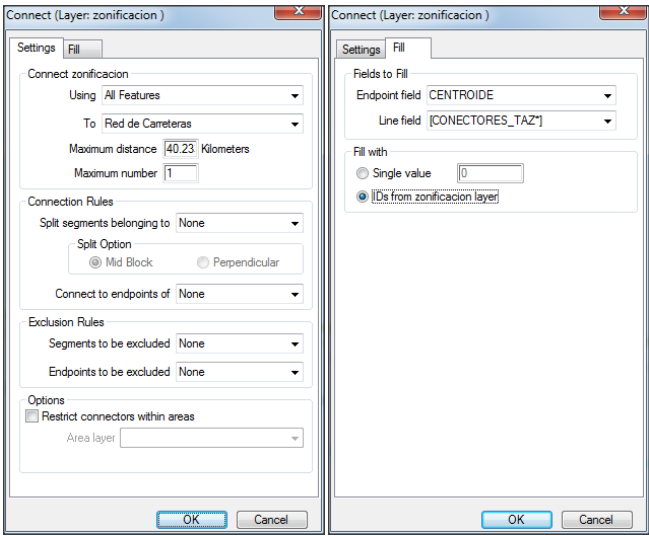


Figura 1.17. Cuadro de diálogo, Creación de conectores.

El usuario determinará las condiciones y parámetros de esta conexión con la red base imponiendo los siguientes campos:

Parámetro	Descripción
Máximum Distance	Longitud máxima permitida de los nuevos conectores. Si existe una ZT cuyo centroide se encuentre a mayor distancia de la red que dicho parámetro, no se realizará la conexión (Transcad informará de este hecho una vez se realice el proceso completo).
Maximun number	Máximo número de conectores que se generarán, atendiendo al punto anterior.
Split segment belonging to(..) ó Connect to endpoint of (...)	Establece la condiciones de conexión entre el centroide y la red. La primera opción partirá los arcos de la red creando un nuevo nodo en el punto medio "Mid block" o en la perpendicular. La segunda buscará la unión en los nodos existentes.
Exclusión rules	Excluye arcos o nodos seleccionados para realizar esta conexión.

Tabla 1.1. Parámetros configurables para crear los conectores Centroide-Red

1.2. ASIGNACIÓN DE LA MATRIZ DE VIAJES

A continuación, se detalla cómo asignar la matriz de viajes mediante cualquiera de los algoritmos de asignación que TrasnCAD facilita, para lo que tiene que estar abierto en el mismo entorno de TrasnCAD la Red, ya jerarquizada, y la matriz de viajes O-D en formato *.mtx.

1.2.1. Creación de un Network

Para la habrá que generar un "Network" (formato .net) basado en la red y seleccionar los atributos que caracterizan el tipo de tráfico. Para ello:

Networks/Paths > Create).

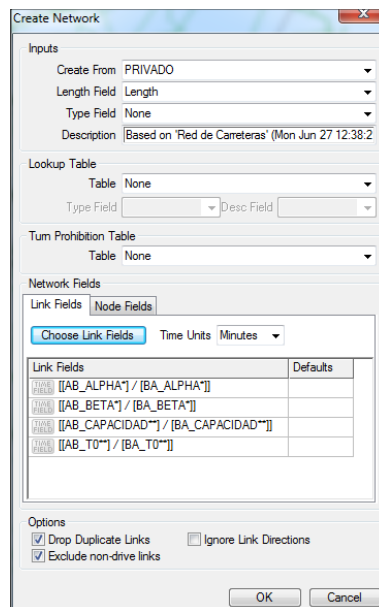


Figura 1.18. Cuadro de diálogo de creación de un "Network"

En el caso de se haya generado que contenga distintos modos de Transporte, será necesario realizar una selección de aquellos arcos que formen la Red que se quiera asignar, en este caso, el medio privado.

Una vez definida la selección correspondiente, se selecciona en el panel "Create from".

Gravar el archivo de la Network.

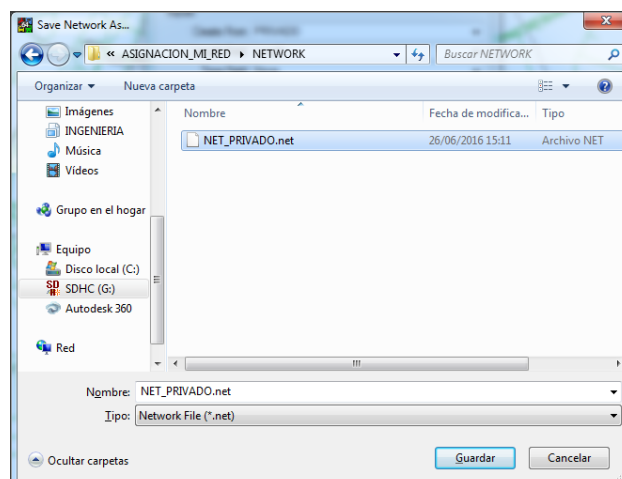


Figura 1.19. Figura 5. Cuadro de diálogo, guardar archivo (*.net).

A continuación se ajusta la Network creada:

Network/Path > Settings.

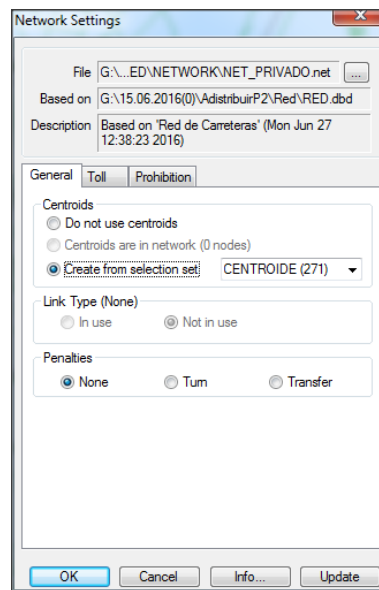


Figura 1.20. Cuadro de diálogo, ajustes del "Network", general.

Activar la casilla “Centroids: Create from selection sets” y seleccionar el conjunto de nodos donde se encuentran los Centroides.

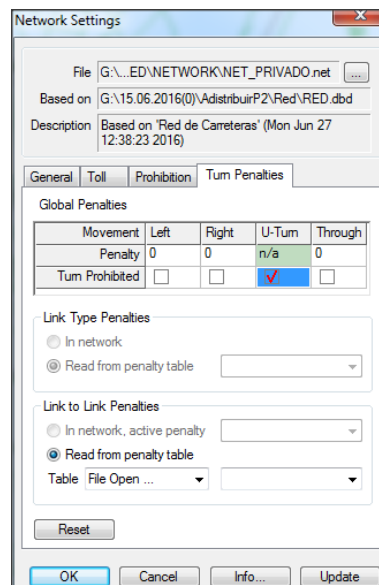


Figura 1.21. Cuadro de diálogo, ajustes del "Network", Penalizaciones por giros.

Activar la casilla “Penalties: Turn” y seleccionar “U-Turn”.

1.2.2. configurar el algoritmo de asignación

Una vez configurada la Network es posible generar la asignación:

Planning > Static Traffic Assignment > Traffic Assignment.

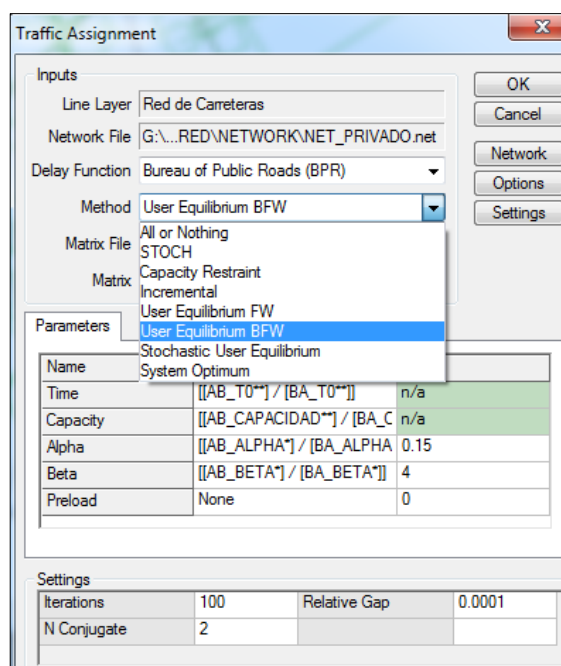
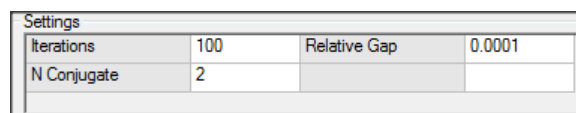


Figura 1.22..Cuadro de diálogo, ajustes de la asignación.

En la casilla “Method” puede elegirse entre los diferentes algoritmos de asignación disponibles así como la “Delay Function” que se pretenda utilizar, en el caso de estudio BPR.

Automáticamente TrasnCAD ha seleccionado los parámetros que definen la red (Time, Capacity, Alpha, Beta) correspondientes a cada arco.

Los valores de Alpha y Beta se extraen de la Tabla de atributos, en el caso de que existan arcos a los que no se les haya asignado ningún valor, TrasnCAD asignará valores genéricos, 0.15 y 4 respectivamente a dichos arcos.



Es posible imponer al algoritmo tanto el número de iteraciones como el error relativo necesario para alcanzar el equilibrio.

El resultado se Guardará en una Nueva pestaña formato *.bin

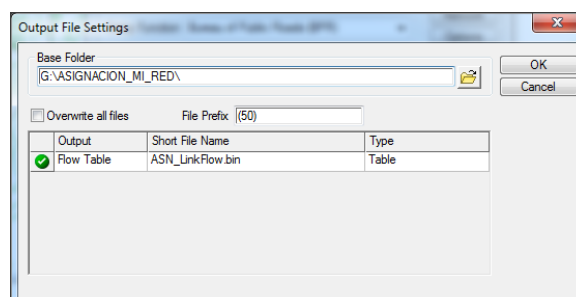


Figura 1.23. Cuadro de diálogo, archivos de salida del proceso de asignación.

Si la conectividad de los arcos Centroides y conectores es correcta, y no faltan datos necesarios para la asignación en la tabla de atributos, TrasnCAD informará del éxito de la asignación, en caso contrario se mostrará un mensaje de fallo.

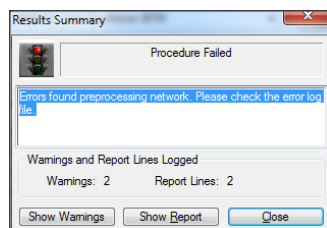


Figura 1.24. Cuadro de diálogo, error en la asignación.

Mediante el botón “Show warnings” puede verse cuál ha sido el motivo del error y por qué no ha sido posible la asignación.

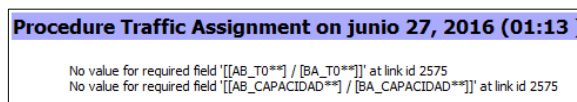


Figura 1.25. Identificación de los errores de asignación.

En el ejemplo anterior no fue posible la asignación por la falta de valores de Tiempo de flujo libre y Capacidad de uno de los 3.500 arcos que forman la red de privado y será necesario actualizar sus atributo.

1.3. RESULTADOS DE LA ASIGNACIÓN

Si los datos son correctos y la red está bien configurada. TrasnCAD es capaz dar una solución de equilibrio al algoritmo de asignación.

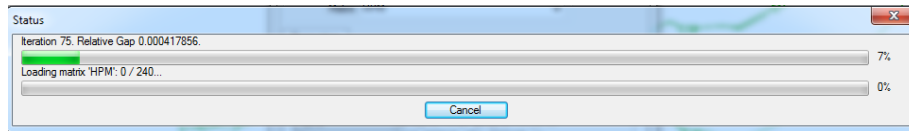


Figura 1.26. Estado computacional del proceso de asignación.

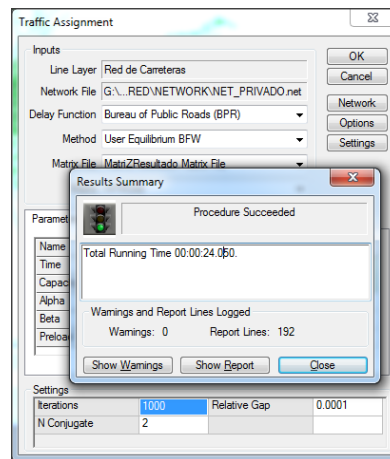


Figura 1.27. Cuadro de diálogo, "Result summary"

En este punto TrasnCAD ha generado una unión entre la tabla de atributos de los arcos y la tabla de resultados de la asignación, esta hoja de resultados almacena los datos de tiempo, flujos y relación volumen capacidad, entre otros, de la red vial cargada y que servirán como línea base para la comparación y análisis de los resultados de la simulación.

Se pueden realizar, para una misma red, diferentes asignaciones en diferentes escenarios, únicamente imponiendo un nuevo nombre al archivo generado por la asignación. Estas asignaciones podrán abrirse y compararse cuantas veces se quiera, basta con abrir el archivo *.bin generado y realizar un "Join" entre tablas que se explica a continuación.

1.3.1. Realizar un Join entre los arcos de la red y los resultados de la Asignación

Para realizar un "Join" entre los arcos y los datos de la asignación:

Dataview > Join.

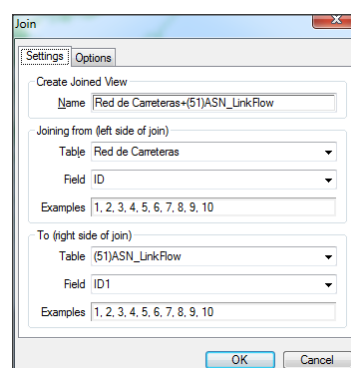
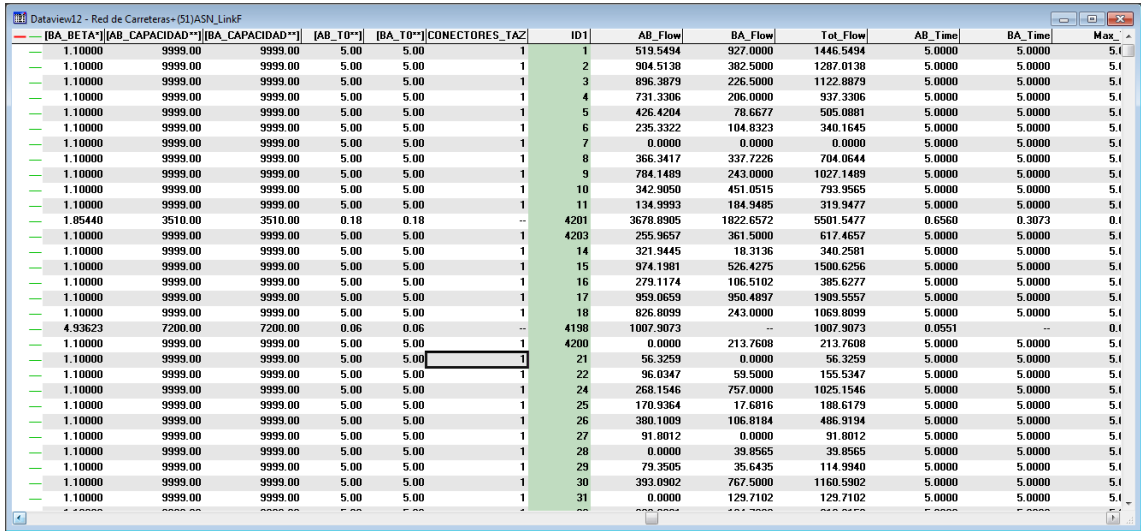


Figura 1.28. Ajustes de unión entre tablas.

Se selecciona en las tablas que se pretenden unir el campo común, en este caso “ID’s” así el “Dataview” queda de la siguiente manera.



[BA_BETA*]	[AB_CAPACIDAD*]	[BA_CAPACIDAD*]	[AB_T0*]	[BA_T0*]	CONECTORES_TAZ	ID1	AB_Flow	BA_Flow	Tot_Flow	AB_Time	BA_Time	Max
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	1	519.5494	927.0000	1446.5494	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	2	904.5138	382.5000	1287.0138	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	3	896.3879	226.5000	1122.8879	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	4	731.3306	206.0000	937.3306	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	5	426.4204	78.6677	505.0881	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	6	235.3322	104.8323	340.1645	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	7	0.0000	0.0000	0.0000	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	8	366.3417	337.7226	704.0644	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	9	784.1489	243.0000	1027.1489	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	10	342.9050	451.0515	793.9565	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	11	134.9993	184.9485	319.9477	5.0000	5.0000	5.1
1.85440	3510.00	3510.00	0.18	0.18	--	4201	3678.8905	1822.6572	5501.5477	0.6560	0.3073	0.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	4203	255.9657	361.5000	617.4657	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	14	321.9445	18.3136	340.2581	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	15	974.1981	526.4275	1500.6256	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	16	279.1174	106.5102	385.6277	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	17	959.0659	950.4897	1909.5557	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	18	826.8099	243.0000	1069.8099	5.0000	5.0000	5.1
4.93623	7200.00	7200.00	0.06	0.06	--	4198	1007.9073	--	1007.9073	0.0551	--	0.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	4200	0.0000	213.7608	213.7608	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	21	56.3259	0.0000	56.3259	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	22	96.0347	59.5000	155.5347	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	24	268.1546	757.0000	1025.1546	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	25	170.9364	17.6816	188.6179	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	26	380.1009	106.8184	486.9194	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	27	91.8012	0.0000	91.8012	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	28	0.0000	39.8565	39.8565	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	29	79.3505	35.6435	114.9940	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	30	393.0902	767.5000	1160.5902	5.0000	5.0000	5.1
1.10000	9999.00	9999.00	5.00	5.00	1	31	0.0000	129.7102	129.7102	5.0000	5.0000	5.1

Figura 1.29. Tabla de atributos resultado de la asignación.

A la izquierda los campos correspondientes a la jerarquización de los arcos, en el centro el campo común (en verde) y a la derecha los campos generados por la asignación.

En este punto, es complicado realizar un análisis de los datos que arrojan las tablas.

1.3.2. Análisis gráfico de los resultados de la Asignación

Existe una herramienta en el entorno de TransCAD que nos permite mostrar gráficamente el resultado de la asignación, esto son, mapas de flujo configurables, para ello:

>(Planning / Assignment Utilities / Flow Maps).

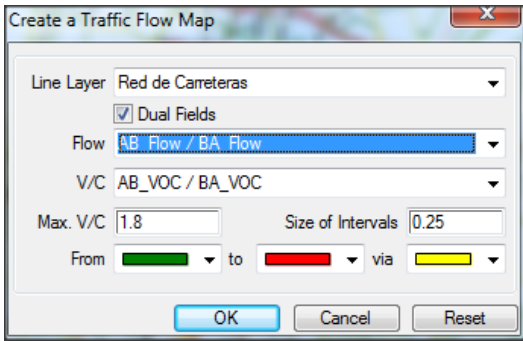


Figura 1.30. Cuadro de diálogo, ajustes de mapas de color.

Esta herramienta generará un mapa de color y grosores que representará la relación Volumen/capacidad y el Flujo de vehículos respectivamente por cada arco.

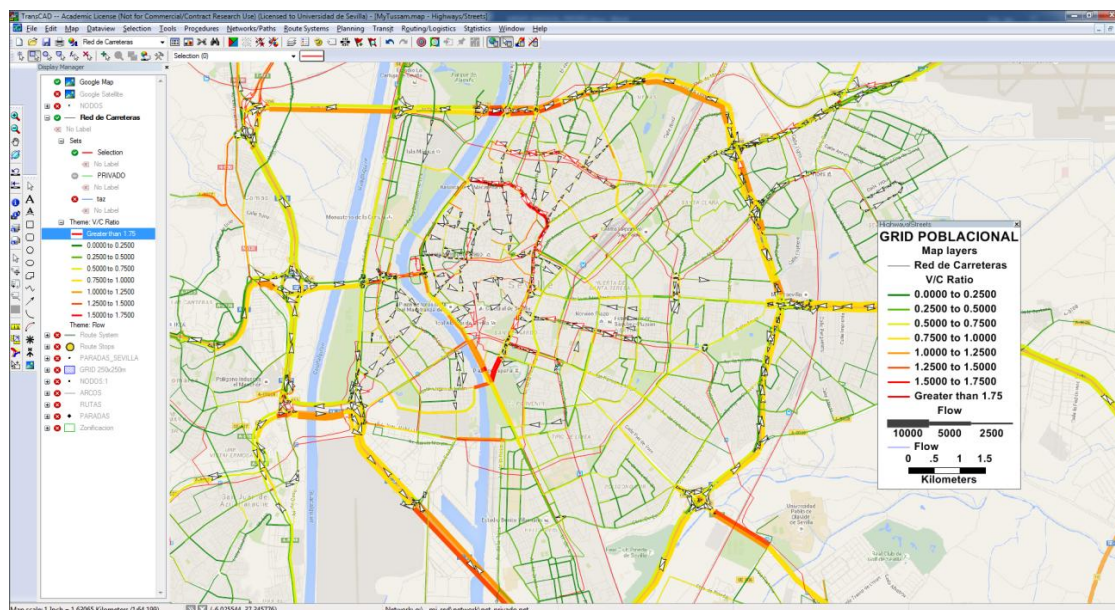


Figura 1.31. Entorno de TransCAD, mapa de color de la asignación.

1.3.3. Comparación de resultados de diferentes escenarios

Es posible comparar diferentes escenarios o bien realizar comparaciones entre diferentes métodos de asignación posibles, para ello, una vez realizada la asignación y teniendo las tablas de ambos escenarios o asignaciones abiertas:

Planning > Assignment Utilities > Assignment Differences.

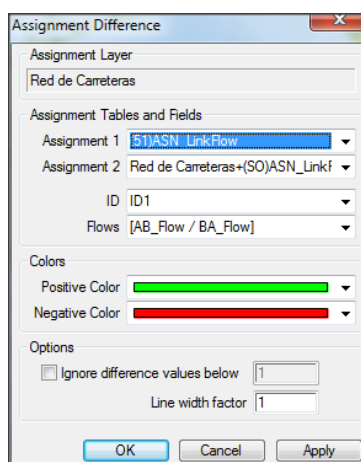


Figura 1.32. Cuadro de diálogo, comparación de escenarios.

Se definen los escenarios o asignaciones a comparar y se escoge el campo a representar, en este caso el flujo de vehículos por arco.

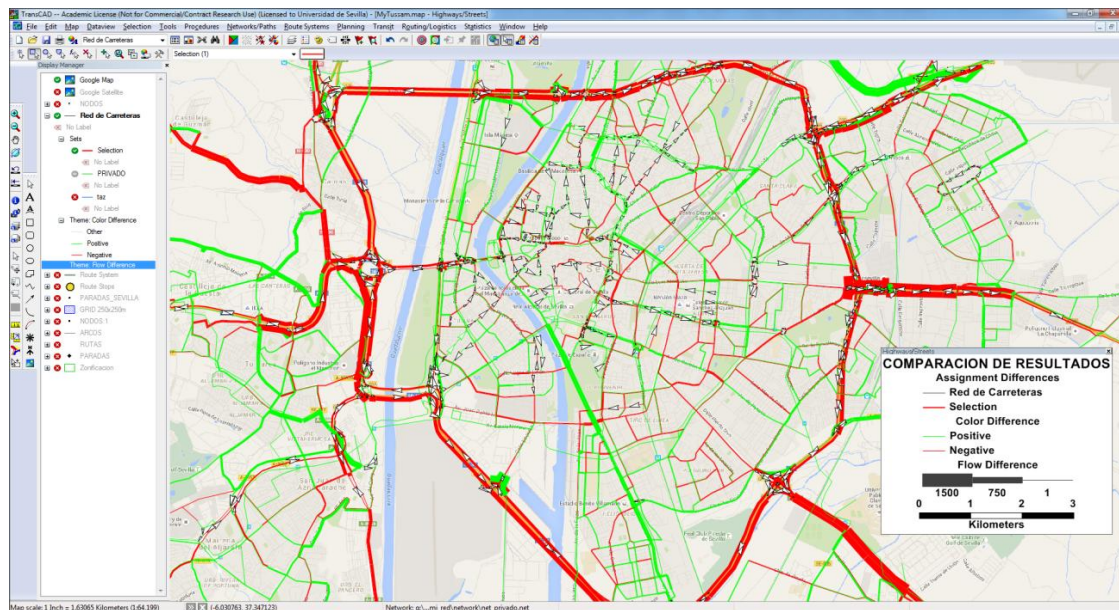


Figura 1.33. Entorno de TransCAD, visualización de mapas comparativos.

La imagen superior representa la diferencia del flujo entre un tipo de asignación o escenario y otro tipo de asignación o escenario diferente (Asignación1 frente Asignación2).

Si el flujo de un arco en la Asignación2 es mayor que el flujo de ese mismo arco en la Asignación1, entonces dicho arco se representará en rojo (negativo), por el contrario, el arco será representado en verde si al flujo disminuye de la asignación 1 a la 2. El grosor del arco representa la diferencia entre ambos flujos.

2 MÉTODO DE ASIGNACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO

En este capítulo del Anexo A, se estudia las herramientas y los procedimientos necesarios para generar un modelo de Transporte Público y posterior análisis en el entorno de TrasnCAD.

La estructura de datos que conforman la red de Transporte Público, atendiendo al modelo de datos específico del software TrasnCAD, está formada por una red de carreteras o viario base, que coincide con la red de carreteras utilizada como oferta del Transporte privado, cuya generación se explicó anteriormente. Sobre esta red discurrirán las líneas de Transporte Público urbano e interurbano, a la que se le añadirán un conjunto de arcos complementarios para las líneas ferroviarias, todas ellas con sus correspondientes paradas.

La construcción de un modelo de Transporte Público se estructura en la ejecución de cinco etapas:

Etapla 1. Recopilación de la información base sobre la red de Transporte Público: velocidades, itinerarios, frecuencias de paso, paradas y características operativas como capacidad de la flota.

Etapla 2. Introducción en formato requerido por TrasnCAD de la información recopilada anteriormente: construcción del "Route System"

Etapla 3. Zonificación y Conectividad

Etapla 4. Preparación de las matrices Origen-Destino

Etapla 5. Asignación del modelo

Etapla 6. Análisis de resultados

2.1. GENERACIÓN DE MODELO DE TRANSPORTE PÚBLICO

2.1.1. Construir la Red de Rutas

El proceso de generación de la Red de Transporte Público, o "Route System" según la terminología del software TrasnCAD, depende en gran medida de los datos de partida que se dispongan y su formato.

Generalmente los operadores del Transporte Público suministran información de las líneas y sus rutas en formato imagen (*.png, *.tif, *.pdf, *.jpg), de este modo no se podrán digitalizar las rutas en el entorno de TrasnCAD de manera masiva y consecuentemente la generación de la red será más tediosa.

Sin embargo, con el auge de las herramientas GIS, muchos operadores empiezan a ofrecer datos en formatos digitalizados de rutas y paradas con información asociada. Estos datos posibilitarían la generación de red de una manera masiva en el entorno de TrasnCAD evitando así la generación manual de la red.

Existen 5 pasos básicos necesarios para crear un sistema de rutas:

Conocer el significado de cada elemento a utilizar.

Identificar o crear una capa de línea sobre la cual se creará el sistema de rutas.

Crear un archivo de sistema de rutas en blanco.

Usar la caja de herramientas del sistema de rutas para crear y editar las rutas.

2.1.1.1. Conocer el significado de cada elemento a utilizar

TrasnCAD almacena rutas en un Sistema de Rutas o "Route System" en formato *.rts. Es un mapa de capas que contiene una colección de rutas, las cuales pueden tener datos asociados.

Rutas: están definidas como una serie de características de una línea. Cada característica de una línea es parte de una ruta y es referido al arco de la red viaria, por el cual pueden pasar una o varias rutas.

Paraderos de ruta: Capa de puntos en formato geográfico asociados a cada ruta, marcan la localización donde los viajeros pueden abordar o descender de un vehículo.

Paraderos físicos: es un inventario de los lugares físicos que pueden ser paraderos de ruta. Si el sistema de ruta presenta paraderos físicos, entonces los paraderos de ruta han de ser creados en dichos paraderos.

2.1.1.2. Identificar o crear una capa de línea sobre la cual se creará el sistema de rutas

Para la generación de la red de Transporte Público es necesario disponer de una red de carreteras o viario base, en este caso coincide con la red de carreteras utilizada como oferta del Transporte privado realizado en el capítulo 1 de este anexo. No obstante, podría utilizarse la información georreferenciada de las líneas y paradas de la red pública suministrada por los operadores y convenientemente exportada a formato *.dbd.

Abrir el archivo geográfico de la red vial generado:

File > Open > Seleccionar el directorio > selecciona tipo de archivo (*.dbd, *.dbf).

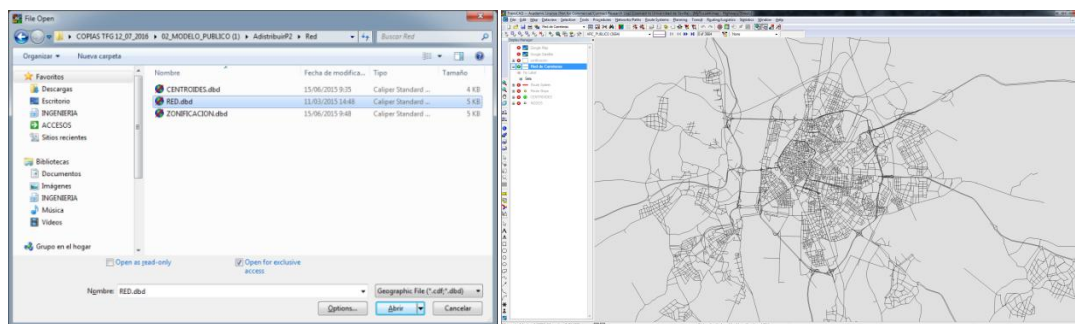


Figura 2.1. Entorno de TransCAD, apertura visualización de la red de carreteras.

2.1.1.3. Identificar o crear los "Non-Transit links" de la red

Adicionalmente al sistema de rutas, será necesario incluir o identificar ciertos arcos de la red base que proporcionen una conectividad razonable a la red de Transporte Público, son aquellos por los que no circula ninguna ruta de la red de Transporte Público modelada. Estos arcos adicionales pueden representar tanto vías peatonales como los accesos a estaciones subterráneas y conexiones de transbordo entre distintas líneas. En el momento de la asignación será necesario realizar un conjunto de selección de estos arcos de la red base. Es importante también preparar sus atributos numéricos (Tiempo peatón, Tiempo de conducción privado, etc.). Pueden prepararse, dependiendo del modelo, dos conjuntos de selección para los "Non-Transit Links": uno para los arcos con capacidad de tránsito peatonal y otro para el tránsito del vehículo privado. Estos conjuntos de selección pueden solaparse.

El propósito de los arcos "Non-Transit Network" en la red de Transporte Público es el de proporcionar acceso y salida entre los nodos Centroides y las paradas, y hacer posible el transbordo entre paradas.

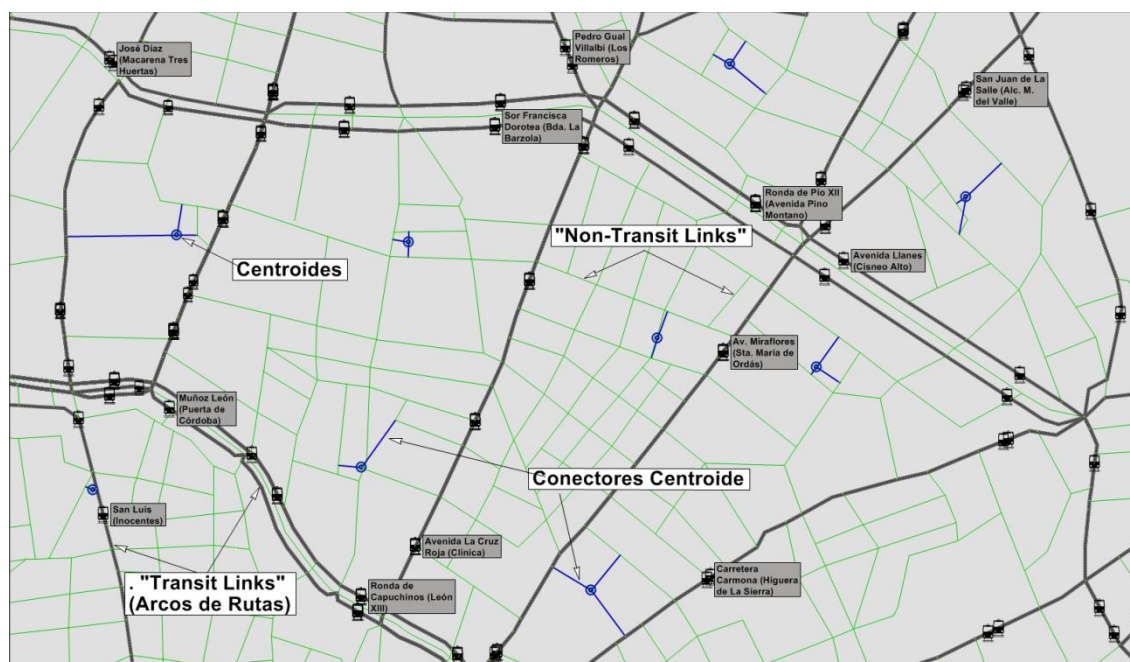


Figura 2.2. Tipos de arcos de la red.

No es necesario incluir todas las calles como "Non-Transit Links" en la red de Transporte Público. Son imprescindibles los arcos que conecten los Centroides y paradas de la red, así como los arcos cercanos a las paradas para permitir el transbordo entre paradas. Por Ejemplo, puede usarse una función del menú de selección para seleccionar únicamente los arcos que se encuentren a una distancia arbitraria desde las paradas y Centroides:

Selection > Select By Location.

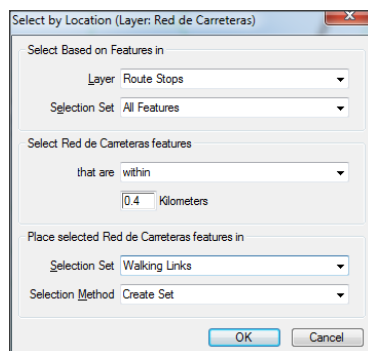
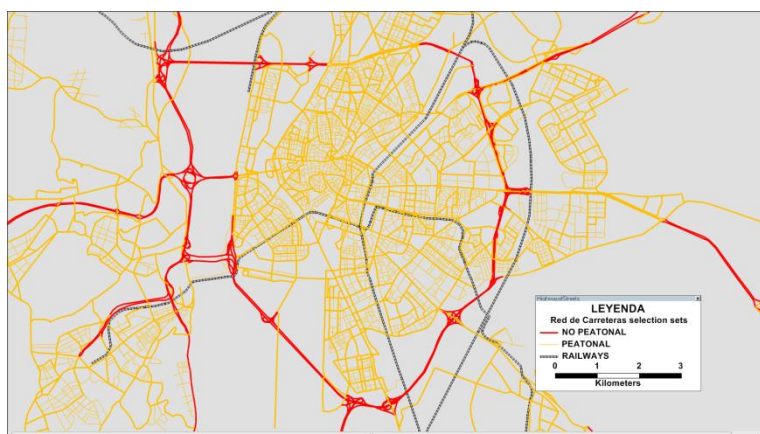


Figura 2.3. Cuadro de diálogo, herramienta de selección por localización.

Al realizar este tipo de selección hay que tener especial cuidado y seleccionar solo aquellos arcos peatonales o de acceso al tráfico privado. Por ejemplo para la selección de arcos peatonales deberán excluirse autopistas y los accesos a las mismas, para la selección de arcos de acceso de Transporte privado se excluirán vías solo peatonales, accesos a estaciones subterráneas y vías exclusivas del Transporte Público.



2.1.1.4. Crear las Zonas de Análisis de Transporte

la generación de cualquier tipo de modelo de Transporte, de viajeros Público o privado, de mercancías, precisa de los datos y estimaciones de viajes entre orígenes y destinos.

Es práctica habitual llevar a cabo una zonificación del área de estudio delimitada, las Zonas de Análisis de Transporte, unidades básicas a las que quedan referidas las actividades de recopilación y análisis de datos para el desarrollo de los modelos básicos de planeación del Transporte. La razón que justifica este procedimiento es, básicamente, la de manejar volúmenes más pequeños de información y dejar los detalles de la distribución de los datos de Transporte para los posteriores análisis.

En el caso de que se disponga previamente de una capa correspondiente Zonas de Transporte del ámbito territorial del estudio, suministrada por los organismos de Transporte competentes, solo habrá que ejecutarla en el modelo.

Map > Layer > Add Layer > Geographic File (*.cdf, *.dbd).

Si no se dispone de dicha capa se dará paso a la creación de un nuevo Archivo Geográfico:

File > New > Geographic File > Ok.

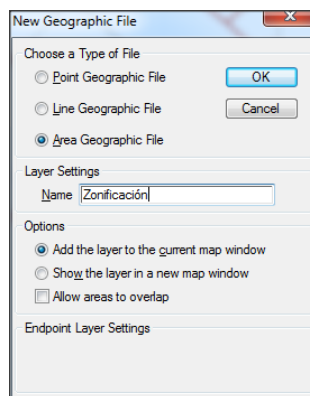


Figura 2.4. Cuadro de diálogo, creación de archivo geográfico de áreas.

Elegir el tipo de archivo, en este caso "Area Geographic File".

Es preciso marcar la opción "Add the layer to the current map window" para poder visualizar la nueva capa en el entorno de trabajo del modelo.

2.1.1.5. Crear los campos de la base de datos del modelo de las ZT

En estos campos se almacenará los datos de las variables dependiente (O-D) y variables explicativas de la demanda de viajes.

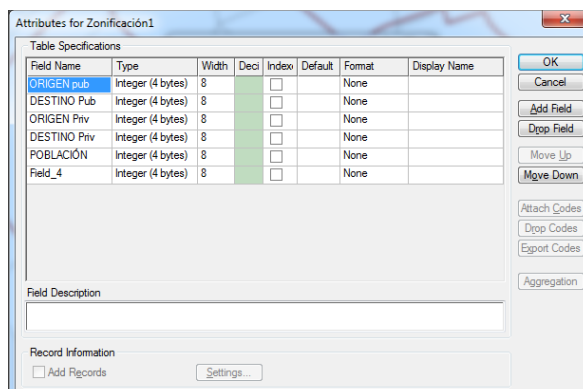


Figura 2.5. Cuadro de diálogo, Modificación de tabla de atributos.

Se crea el entorno de trabajo para iniciar la construcción de las ZT. Con la nueva capa activa, abrir la caja de herramientas usando el módulo:

Tools > Map Editing > Toolbox.

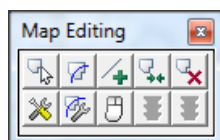


Figura 2.6. Caja de herramientas de capa de áreas.

Activar el icono  comenzar la construcción de las ZT.

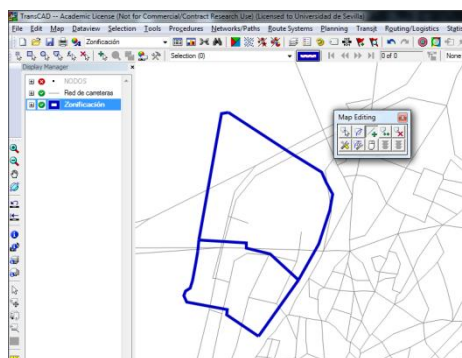


Figura 2.7. Entorno de TransCAD, edición de capa de áreas.

En este tipo de modelos la generación y atracción de cada uno de las ZT se realiza a través sus Centroides, de manera que todos los viajes saldrán o entrarán a estos nodos o Centroides.

TransCAD dispone de un módulo que genera automáticamente los Centroides de cada uno de las ZT y une dichos nodos a la red mediante unos arcos denominados conectores, para ello:

Tools > Map Editing > Connect...

Este proceso se explica más atrás en el apartado **1.1.6 "Introducir y conectar los Centroides a la red"**

2.1.1.6. Georreferenciación de imágenes y mapas

En este documento se llevará a cabo la construcción de la red utilizando únicamente imágenes de las rutas facilitadas por los distintos operadores de Transporte Público.

Para facilitar la generación de la Red de Transporte Público es posible indexar la imagen de rutas, si disponemos de ella, sobre nuestra red y posteriormente georreferenciarla. Para introducir la imagen:

Map > Layer > Add Layers > selecciona tipo de archivo (*.png , *.jpg).

Para georreferenciar la imagen, ésta debe de estar seleccionada como "Working Layer":

Tools > Imagery > Registration).

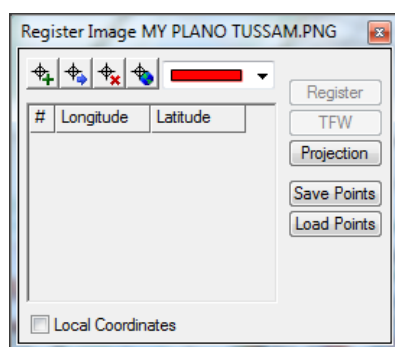






Figura 2.8. Cuadro de diálogo, Georreferenciación.

-  Añade un punto de control sobre la imagen.
-  Desplaza un punto de control sobre la imagen.
-  Elimina un punto de control.
-  Coordenadas reales del punto de control.

Se establecen como mínimo 3 puntos de control de los que se conocen sus coordenadas, estas coordenadas pueden establecerse mediante nuestra red, la cual ya esta georreferenciada, mediante el botón de "Coordenadas reales".

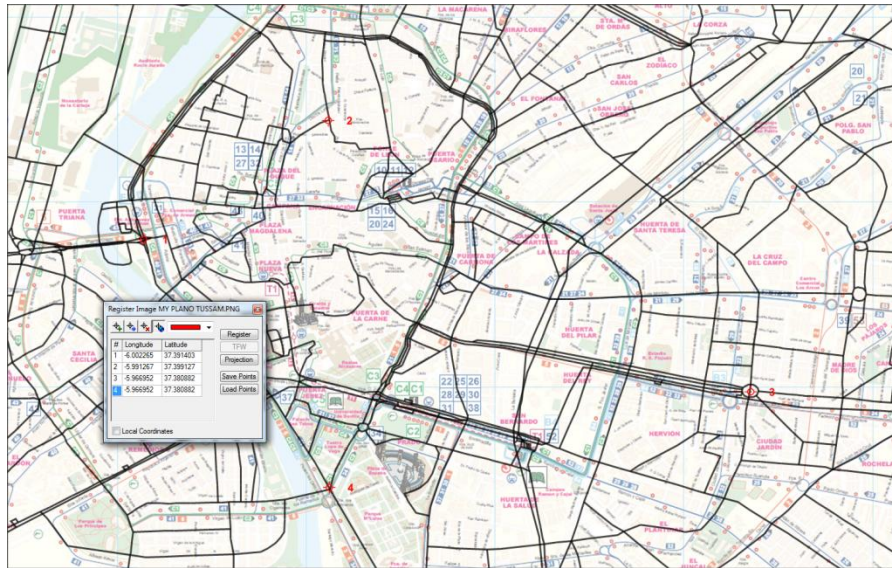


Figura 2.9. Visualización de imágenes georreferenciadas.

2.1.1.7. Crear un archivo de sistema de rutas en blanco

File > New > "Route System".

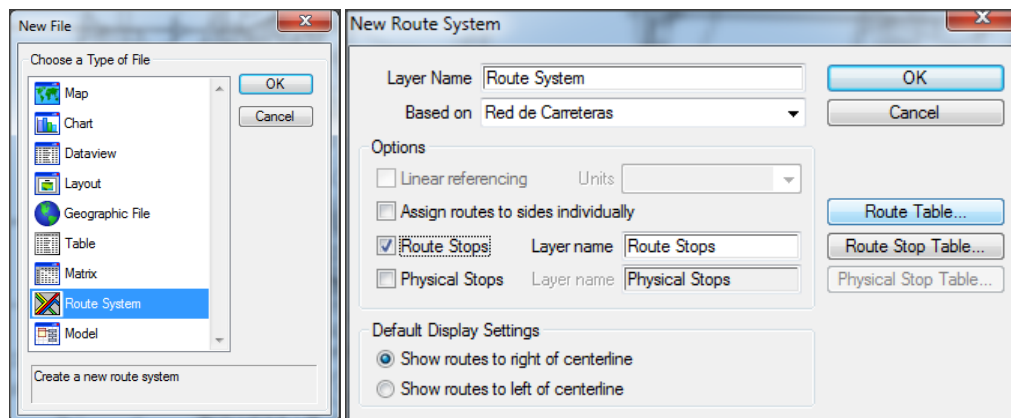


Figura 2.10. Cuadro de diálogo, Creación del archivo "Route System".

En este punto se identificará la red, previamente abierta en el entorno de TransCAD, en la que se basará el sistema de rutas o "Route System".

Se activa paraderos de ruta "Route Stops", esto creará una capa de puntos asociados a las rutas.

Para establecer los parámetros fundamentales del "Route System" se abre la pestaña "Route Table".

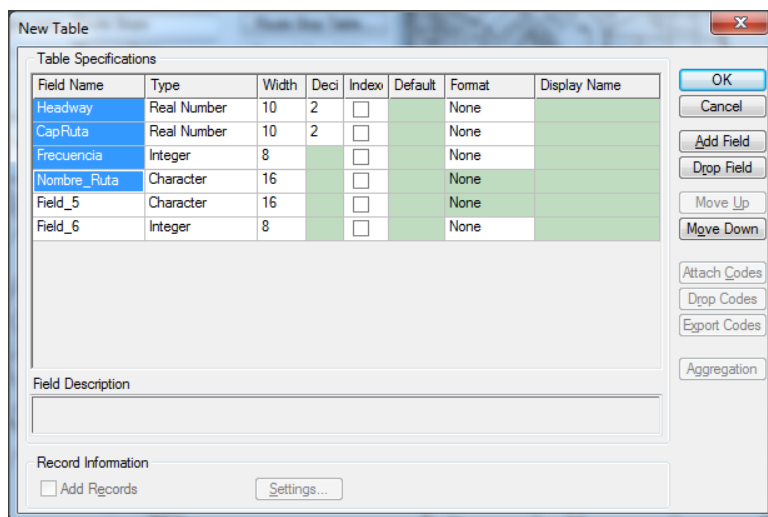


Figura 2.11. Campos del "Route System".

Esta tabla irá asociada al Sistema de Rutas y por tanto debe contener los parámetros operativos básicos para poder realizar la asignación. No obstante, puede ser modificada posteriormente, añadiendo o quitando campos.

Se guarda el sistema de rutas, en formato (*.rts).

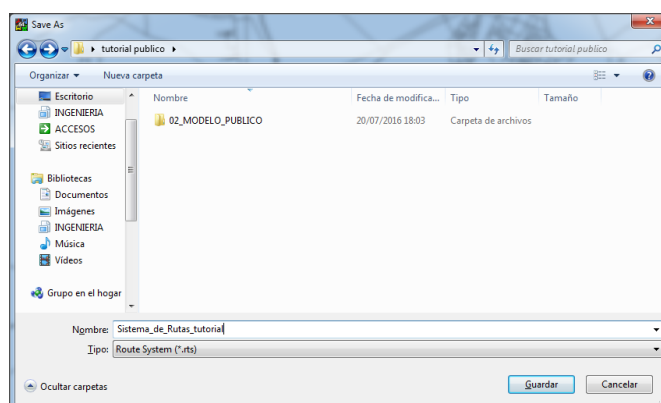


Figura 2.12. Cuadro de diálogo, guardar archivo (*.rts).

2.1.1.8. Crear un Network

Antes de comenzar a crear y editar las rutas es necesario generar un "Network" de nuestra red base. Este archivo (*.net) obtiene la información topológica de la red y su conectividad. En efecto, si el modelo que se pretende generar consta de diferentes sistemas de Transporte Público (Buses urbanos, interurbanos, líneas de cercanías, metro) y previamente hemos determinado que arcos de la red corresponden a cada tipo, es posible hacer una selección de los mismos mediante la herramienta de selección y establecer para los diferentes tipos de Transporte su propio "Network". Este hecho facilita la creación de las rutas ya que cada "Network" contendrá en su topología únicamente los arcos de su tipo de Transporte y por tanto la creación de las rutas de cada tipo solo podrá establecerse por una serie de arcos determinados correspondientes a su "Network":

Network > Create > Create From > Elegir el sistema de Transporte.

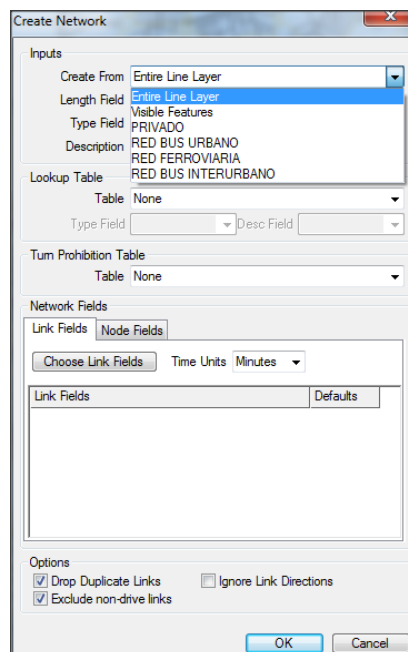


Figura 2.13. Cuadro de diálogo, creación del "Network" del Sistema de Rutas.

Guardamos los diferentes archivos (*.net) creados.

TrasnCAD muestra en la zona inferior del área de trabajo cual es el "Network" activo en cada momento".

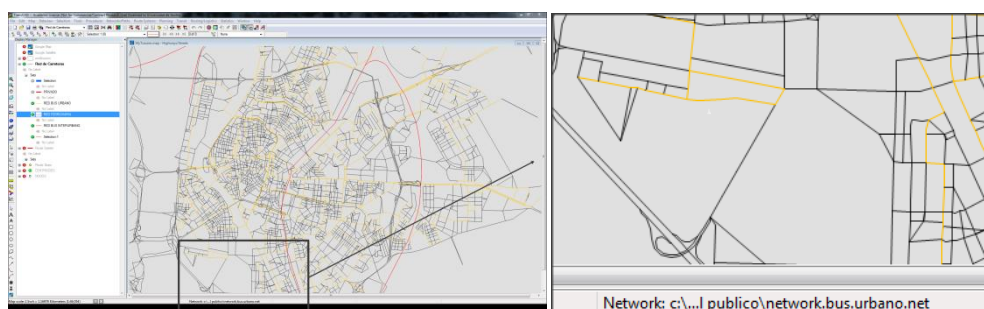


Figura 2.14. Entorno de TrasnCAD, visualización del "Network" activo.

2.1.1.9. Crear el sistema de rutas

para iniciar la digitalización de las rutas se abre la caja de herramientas del Route System:

Route System > Editing Toolbox.

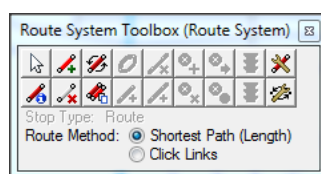




















Figura 2.15. Caja de herramientas de creación de rutas.

Esta caja de herramientas muestra diferentes botones para la creación de las líneas y paradas así como los métodos de creación:

-  Selecciona una ruta previamente creada para modificarla o eliminarla. las ruta o rutas aparecen en negrita cuando están seleccionadas.
-  Crea una nueva ruta.
-  Genera automáticamente la ruta inversa a otra ya creada, incluyendo sus paradas.

-  Actualiza y alinea una o varias rutas con la red base. En ocasiones, cuando se hacen modificaciones de la red base, las ruta puede quedar desacoplada visualmente, esta herramienta vuelve a solapar la ruta con los respectivos arcos por donde discurre.
-  Elimina una sección de una o varias rutas.
-  Ver y editar las información asociada a la ruta seleccionada.
-  Elimina una o varias rutas.
-  Duplica una ruta seleccionada.
-  Extiende una o varias rutas seleccionadas.
-  Une dos extremos de una o varias rutas.
-  Crea una parada sobre la ruta o rutas seleccionadas.
-  Desplaza una parada a una nueva posición.
-  Elimina una parada.
-  Guarda los cambios realizados.
-  Deshace los cambios realizados.
-  Opciones sobre el método de creación de las rutas.
-  Configuración del "Network".

Mediante el botón  de la caja de creación, seleccionar "Click Segments" para digitalizar las rutas por segmento o "Shortest Path" para que el sistema busque la ruta más corta entre los nodos seleccionados.

Marcar la casilla "Editing uses route direction" hace que la dirección de circulación de la ruta venga determinada por la dirección topológica de digitalización.

Marcar la casilla "Chek for gaps in route" hará que el sistema genere una alerta si una o varias rutas no tiene conectividad completa.

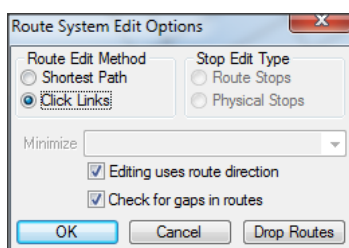



Figura 2.16. Cuadro de diálogo, ajustes del método de creación de rutas.

Se comienza por tanto la generación de las nuevas rutas mediante el icono  de la caja de herramientas, La ruta tendrá inicio y fin en nodos de la red base, por tanto, si existiera un arco en cuya parte central comience o termine una ruta, este arco deberá ser dividido en 2 para generar un nuevo nodo donde se desee, ver apartado 1.1 Creación del modelo de red, Paso 4.

Una vez generado el primer tramo de ruta se visualizará el objeto "New Route Name".

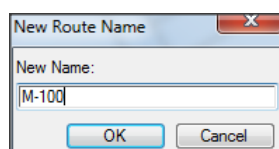



Figura 2.17. Cuadro de diálogo, introducción del nombre de ruta.

El primer tramo de la ruta aparecerá en negrita sobre la red, para continuar generando la ruta hacer clic en el icono  "Extended Route" y hacer doble Clic en el segmento continuo de la red vial por donde continúe la ruta.

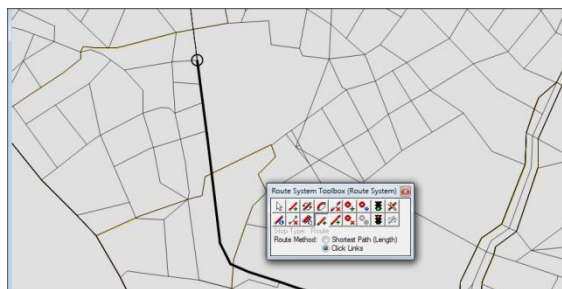


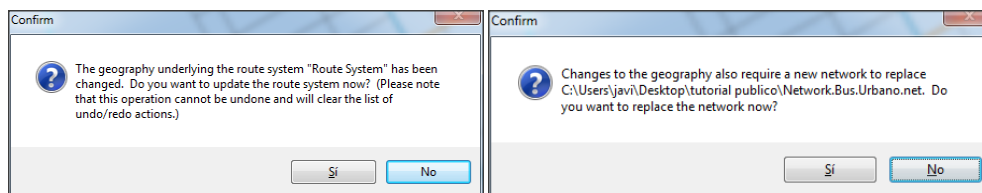


Figura 2.18. Entorno de TrasnCAD, creación de rutas.

Activando el icono  la ruta queda digitalizada en un sólo sentido, para modificarla, se hace clic en el icono de selección  de la caja de herramientas.

Cualquier cambio en la topología de la red base deberá ir acompañado de una actualización del "Network" y del "Route System". En cambio, las modificaciones en la tabla de atributos de la red base no afectan a la "Network" ni a la topología de red y no precisan dicha actualización.

El sistema solicita "Actualizar el Route System" y la "Network.Bus.Urbano.net" debido a que se realizaron cambios en la red base.



2.1.2. Digitalizar las Paradas de Ruta, "Route Stops"

Existen varias formas de digitalización de los paraderos de ruta. Pueden generarse automáticamente en función de algunos parámetros definidos por el usuario. esta forma de digitalización automática se realiza para una selección de rutas previamente creada mediante herramientas de selección o para el conjunto de todas las líneas, para ello:

Route System > Utilities > Create Stops.

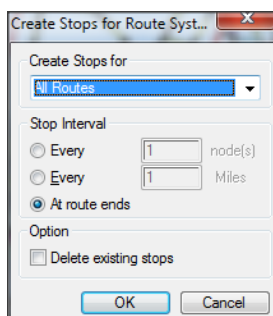






Figura 2.19. Cuadro de diálogo, creación automática de rutas

Para la digitalización manual de las rutas se utilizan los iconos , ,  de la caja de herramientas "Route System Toolbox".

La creación de las paradas pueden hacerse para 1 o varias rutas, en efecto, si existe un apeadero físico donde paran varias rutas, pueden seleccionarse el conjunto de rutas mediante el icono .

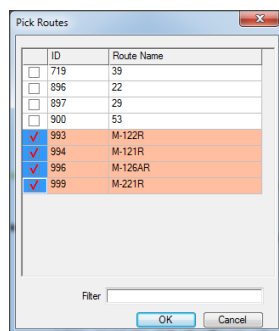



Figura 2.20. Cuadro de diálogo, selección de rutas.

Posteriormente activar el icono "Add a Stop"  y clicar sobre la ubicación del apeadero. Sobre el símbolo del apeadero aparecerá el número de líneas que realizan la parada en dicho apeadero. En este caso aparecerán 4 apeaderos.

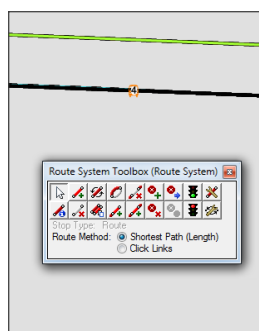


Figura 2.21. Detalle de rutas con mismo apeadero.

2.1.2.1. Vincular paradas a los nodos de la "Line Layer"

Una vez se hayan digitalizado todas las paradas es necesario vincular cada parada a un nodo de la "line layer" o red base, esto se debe a que TransCAD determinará la ubicación de la parada mediante los nodos de la red base, no tiene en cuenta localización de las Route Stops si no de los nodos asociados.

Antes de realizar esta vinculación han de tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

Toda Route Stop deberá asociarse a un nodo.

Todas las Route Stops de una determinada línea deben ir asociadas a nodos diferentes, en efecto, si se asociara un mismo nodo a 2 Stops diferentes, las paradas se solaparían y por tanto no tendría sentido físico.

La distancia entre el Route Stop su nodo asociado no se tiene en cuenta en la asignación.

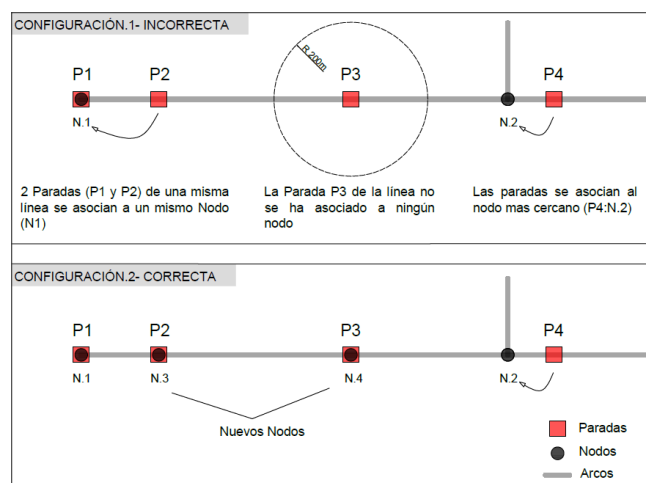


Figura 2.22. Detalle de la configuración incorrecta (arriba) y correcta (abajo) de las paradas.

Para evitar posibles errores en la vinculación de las paradas y sus nodos sería preciso generar un nodo en la red base allí donde exista una o varias paradas como se muestra en la imagen superior.

Una vez se tenga una correcta configuración es posible vincular las paradas a sus nodos, para ello, ha de de generarse un nuevo campo en la tabla de atributos de la capa "Route Stops", se establece dicha capa como "working layer" y a continuación se añade el nuevo campo "NearNode"

Dataview > Modify Table > Add Field.

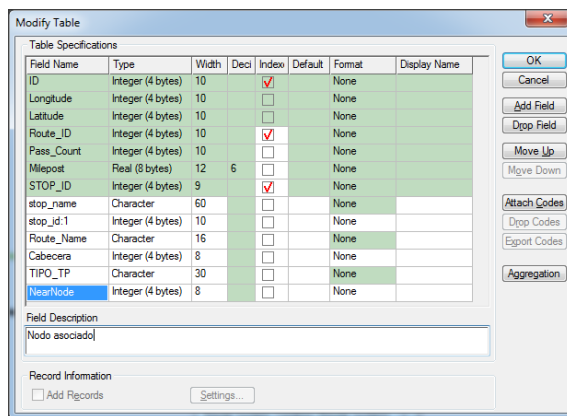


Figura 2.23. Cuadro de diálogo, Campos de la "Stop Layer".

El tamaño del campo "Width" ha de ser suficientemente grande ya que si algún nodo tiene mayor tamaño, este no podrá reescribirse por completo en dicho campo.

Una vez creado el nuevo campo se da paso a la vinculación, para ello la capa "Route System" debe estar activa:

Transit > Tag Stop to a Node.

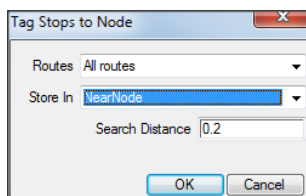


Figura 2.24. Cuadro de diálogo, vincular las paradas a los nodos cercanos

El campo "Search Distance" introducido por el usuario establece el radio de búsqueda entorno al nodo, por tanto, todos los nodos contenidos en ese radio irán asociados a dicho nodo

En el caso de que la distancia entre nodo-parada sea mayor que la establecida, TrasnCAD reportará un aviso, marcando en el panel de selección los nodos que no han podido ser asociados. El programa también informará si se ha asociado un nodo a 2 paradas de una misma línea. Estos dos reportes han de ser corregidos por el usuario.

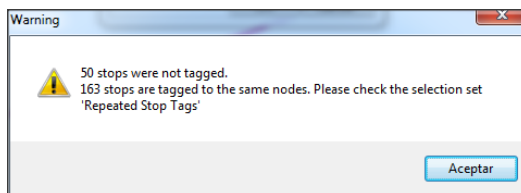


Figura 2.25.. Cuadro de diálogo, aviso de error sobre la vinculación de las paradas a los nodos.

2.1.3. Introducir los parámetros y atributos que caracterizan la red de Transporte Público

TrasnCAD proporciona varios métodos de asignación, cada uno cuenta una configuración propia de su "Transit Network". Aún así, la introducción de los atributos que caracterizan cada una de las líneas, como frecuencias, tarifas de viaje o tiempos de espera, son introducidos en la herramienta de manera similar.

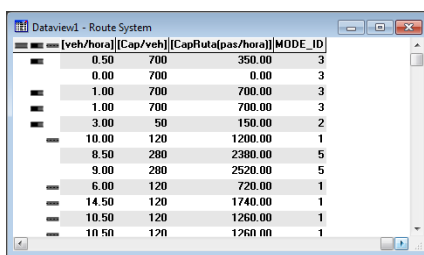
Los atributos de la red de Transporte Público pueden ser especificados a nivel de la red base, a nivel de ruta, a nivel de modo de Transporte, o de manera global para todas las rutas de la red. Los valores a nivel de ruta provienen de campos introducidos en la tabla de atributos de las rutas, las variables para el modo de Transporte se definen en la tabla de modos y los valores generales se introducen de forma directa en la configuración de la "Transit Network".

TrasnCAD establece una prioridad a la hora de leer los datos introducidos. Los valores de la tabla de atributos del "Route System" son prioritarios, le siguen la tabla de modos y finalmente los atributos globales.

Sin embargo, si no se especificara un valor en la tabla de atributos de la "Route System" (mayor prioridad de lectura), TrasnCAD buscará en el nivel inferior, la tabla de modos, si dicho valor también faltara a este nivel, se usaría el valor global.

2.1.3.1. Route System Table

En este nivel se definirán los parámetros que sean únicos para cada ruta, por ejemplo, las frecuencias de paso y las capacidades de ruta.



[veh/hora]	[Cap/veh]	[CapRuta(pas/hora)]	[MODE_ID]
0.50	700	350.00	3
0.00	700	0.00	3
1.00	700	700.00	3
1.00	700	700.00	3
3.00	50	150.00	2
10.00	120	1200.00	1
8.50	280	2380.00	5
9.00	280	2520.00	5
6.00	120	720.00	1
14.50	120	1740.00	1
10.50	120	1260.00	1
10.50	120	1260.00	1

Figura 2.26. Detalle campos del "Route System".

Si el sistema de Transporte Público del estudio está compuesto por más de un modo de Transporte (Bus Urbano, Bus Metropolitano, Red de Cercanías o Metro por ejemplo) a de definirse un nuevo campo numérico, "MODE_ID" que vincule cada ruta a su modo de Transporte y pudiendo por tanto generar una nueva tabla de modos donde se reúnan las características y parámetros propios de cada modo.

2.1.3.2. Mode Table

Hasta ahora, con generación de cualquier capa geográfica, TrasnCAD generaba una tabla de atributos asociada a cada una de ellas. Sin embargo, la "Mode Table" o tabla de modos debe ser generada por el usuario.

Esta tabla permite definir características comunes de las rutas de cada modo Transporte. Además, podrá usarse para definir los "Non-Transit Links", aquellos movimientos sobre la red que no usen las rutas de Transporte Público, es decir, los movimientos peatonales. Para poder establecer en la tabla de modos "Mode Table" un modo exclusivo para los "Non-Transit Links" es necesario generar también un campo "MODE_ID" en la red base del sistema, y atribuirle a los arcos "Non-Transit Links" el valor que lo asocie a la tabla de modos.

Para generar la tabla de modos:

File > New > Table.

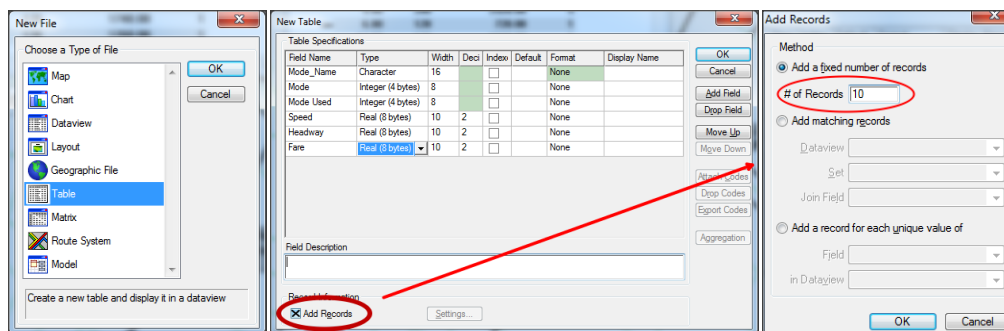


Figura 2.27. Cuadro de diálogo, creación de la tabla de modos.

Antes de guardar la tabla es importante establecer el número de variables o "Records" de la tabla marcando la casilla inferior "Add Records", estos serán el número de modos de Transporte que se podrán definir posteriormente en la tabla de modos.

Mode_Name	Mode	Mode Used	Speed	Headway	Fare
Modo1-Metro	1	1	60.00	5.00	1.35
Modo2-Urbano	2	1	50.00	10.00	1.10
Modo3-Metropolit	3	0	50.00	12.00	1.20
Modo3-Cercanías	4	1	70.00	20.00	1.50
Modo5-Peaton	10	1	4.50	--	0.00

Figura 2.28. Tabla de modos de Transporte.

La tabla de modos puede contener varios de los siguientes campos, dependiendo de los datos que se hayan recopilado y que caractericen el sistema de Transporte:

Campo	Tipo	Contenido
Mode_Name	Alfanumérico	Nombre del modo (Requerido como primer campo)
Mode	Entero	ID del modo asociado al campo de modos de la tabla de rutas (Requerido como segundo campo)
Mode_Used	Entero	0-Modo inhabilitado, 1-Modo habilitado, 2-9 prioridad del modo sobre el resto (Requerido como tercer campo)
Mode Access	Entero	1-Habilita el acceso desde el centroide a las rutas 0- inhabilitado
Mode Egress	Entero	1-Habilita el regreso desde las rutas hasta los centroides 0- inhabilitado
Fare_Type	Entero	1-Tarifa Fija, 2-Tarifa zonal
Fare Matrix	Alfanumérico	Matriz de tarifas usadas si el sistema se basa en tarifa zonal
Speed	Real	Velocidad por defecto en caso de que falte el valor de tiempo de recorrido
Headway	Real	Frecuencia por defecto
Transfer Time	Real	Tiempo de penalización por transbordo entre rutas de este modo
Fare	Real	Tarifa fija a pagar por el uso de cualquier ruta de este modo
Transfer Fare	Real	Tarifa a pagar por realizar transbordo a cualquier ruta de este modo
Free xTransfer	Entero	Numero de transbordos gratuitos para este modo
IVTT_Weight	Real	Peso aplicado al tiempo de viaje
Wait_Weight	Real	Peso aplicado al tiempo de espera
Transfer_Weight	Real	Peso aplicado al tiempo de transbordo
Dwell_Weight	Real	Peso aplicado al tiempo de subida/bajada
Dwelling_Time	Real	Tiempo de subida/bajada en cada parada
Layover Time	Real	Tiempo necesario para el cambio de sentido de la ruta
Max. Walk Access Path	Real	Número máximo de caminos posibles desde centroides hasta rutas
Max_Init_Wait	Real	Máximo tiempo de espera inicial por modo
Min_Init_Wait	Real	Mínimo tiempo de espera inicial por modo
Max_Xfer_Wait	Real	Máximo tiempo de transbordo por modo
Min_Xfer_Wait	Real	Mínimo tiempo de transbordo por modo
Max_Acces_Time	Real	Máximo tiempo total de acceso por modo
Max_Egress_Time	Real	Mínimo tiempo de salida por modo
Max_Travel_Time	Real	Máximo tiempo de viaje modal

Tabla 2.1. Campos de la tabla de Modos de Transporte.

Los tres primeros campos son obligatorios mientras que el resto son opcionales y podrán determinarse de forma globalizada para todos los modos en otros niveles de información.

Esta tabla es obligatoria para posibilitar los movimientos intermodales sobre la red de Transporte Público, en caso de no generarla, la asignación de cada viaje solo se realizará sobre un único modo.

2.1.3.3. Mode transfer Table

Una vez se haya definido la tabla de modos, puede definirse entonces la una tabla de costes intermodales, la tabla de transbordos o "Mode Transfer Table". En estas tablas se pueden definir y controlar las prohibiciones, los costes generalizados, las tarifas y los tiempos de espera de los transbordos entre modos.

La tabla de de transbordos puede contener la siguiente información:

Campo	Tipo	Contenido
From	Entero	Mode ID (Requerido)
To	Entero	Mode ID (Requerido)
Stop	Entero	ID del stop donde se produce el transbordo entre modos (Requerido)
Prohibit	Entero	1-prohíbe el transbordo entre modos
Penalty	Real (Tiempo)	Tiempo de penalización por el transbordo
Fare	Real	Tarifa a pagar por el transbordo
Wait Override	Real	Tiempo de espera por transbordo (anula el tiempo de espera debido a las frecuencias de llegada)

Tabla 2.2. Campos de la tabla de Transbordos.

2.1.3.4. El sistema tarifario

La introducción de las tarifas de viaje de los distintos modos y rutas puede especificarse de diferentes formas en el entorno de TransCAD, será el usuario el que adopte uno o varios de los siguientes tipos de sistemas tarifarios.

Tarifa fija (Flat fares): el precio a pagar por el uso de cada ruta es independiente de la distancia de viaje.

Tarifa zonal (Zonal fares): el precio de un viaje se basa en la localización de la primera y última parada utilizada para la ejecución del viaje, independientemente del número de rutas necesarias para realizarlo.

Tarifa zonal por modo (Zonal fares by Mode): donde el precio a pagar por cada modo usado en el viaje se basa en la localización de la primera y última parada utilizada de cada modo.

Tarifa mixta (Mixed fares): el precio se calcula como combinación de los anteriores.

En un sistema de tarifa fija pueden especificarse una "Regular fare" y una "Transfer fare" por ruta, por modo, o de forma global para todas las rutas de la red de Transporte. las "Regular fares" son pagadas en la primera ruta del viaje, mientras que las "Transfer fare" se pagan en cada una de las siguientes.

TransCAD dispone de una opción que hace que los transbordos entre rutas de mismo modo sean gratuitos, en efecto, existe modos de Transporte en los que se paga una tarifa fija independientemente del número de rutas utilizadas para llegar al destino. La introducción de este aspecto en el entorno de TransCAD se verá más adelante en este documento.

2.2. CREACIÓN DEL "TRANSIT NETWORK"

Las "Transit Network", al igual que ocurría con el modelo de Transporte privado, no son más que archivos donde se recopilan las informaciones y parámetros del modelo de Transporte, son necesarios para realizar cualquier tipo de asignación y análisis.

Para crear un "Transit Network", es necesario elegir los siguientes elementos:

Las rutas que se quieren incluir.

Las paradas.

Los atributos de las rutas, los nodos, las paradas y de la red base del modelo.

El campo creado en la tabla de atributos del "Route Stops" que asocia cada parada con su nodo más cercano.

Si se añade o no los "Non-Transit Links" para accesos, salidas y transbordos peatonales sobre la red.

Si fuera necesario crear una "Network" solo para un conjunto de rutas, se deberá crear previamente una selección de dichas rutas mediante las herramientas de selección. Por defecto se introducirán en la "Network" todas las paradas asociadas a las rutas seleccionadas anteriormente, por tanto, si se quiere utilizar otro conjunto de paradas para el modelo, será necesario hacer una selección de las mismas antes de crear el archivo (*.tnw).

Para añadir los "Non-Transit Links" en el sistema, tanto para los movimientos peatonales como para los de Transporte privado, habrá que realizar una selección previa de los arcos que formen cada uno de los conjuntos mencionados.

para abrir el cuadro de diálogo de la "Transit Network", teniendo el "Route System" como capa activa:

Transit > Create Network.

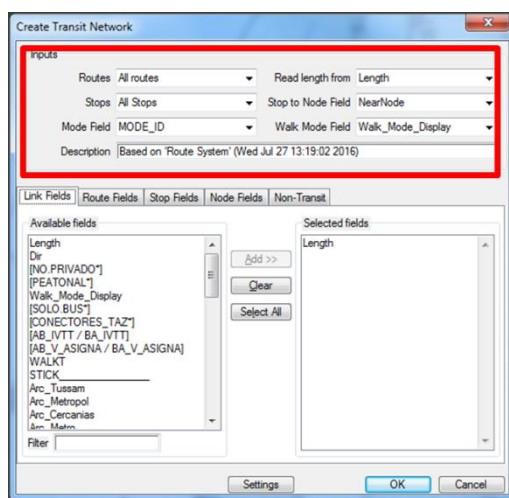


Figura 2.29. Cuadro de diálogo, ajustes del "Transit Network" I.

En la zona superior del cuadro de diálogo se determinan los elementos que formarán el modelo. Además de la elección de las rutas y paradas que se quieren introducir, aparecen los siguientes campos a determinar por el usuario.

[Mode Field]: donde se seleccionará el campo de la tabla de atributos del "Route System" que establezca el modo al que pertenece cada ruta.

[Stop to Node Field]: es el campo de la tabla de atributos de la "Route Stop" que determina los nodos asociados a cada parada.

[Walk Mode Field]: este campo pertenecerá a la tabla de atributos de la red base o "Line Layer". Asocia los arcos peatonales de la red con su "Mode ID" de la tabla de modos.

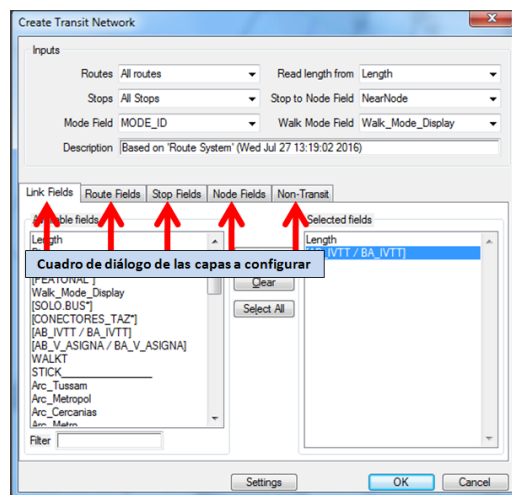


Figura 2.30 Cuadro de diálogo, ajustes del "Transit Network" II.

Se seleccionan en cada capa los campos que caracterizan la red

en el cuadro de diálogo de la red base [Link Fields], se seleccionan los campos "Length" y "IVTT" (Tiempo de viaje del Transporte Público por cada arco).

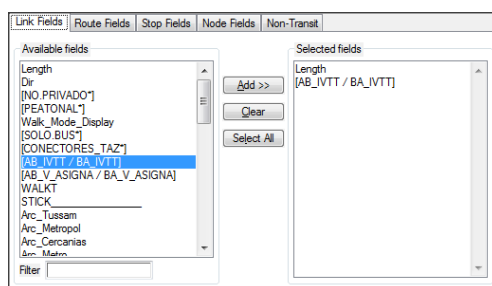


Figura 2.31 Cuadro de diálogo, ajustes del "Transit Network" III.

Se selecciona el cuadro de dialogo [Non-Transit]:

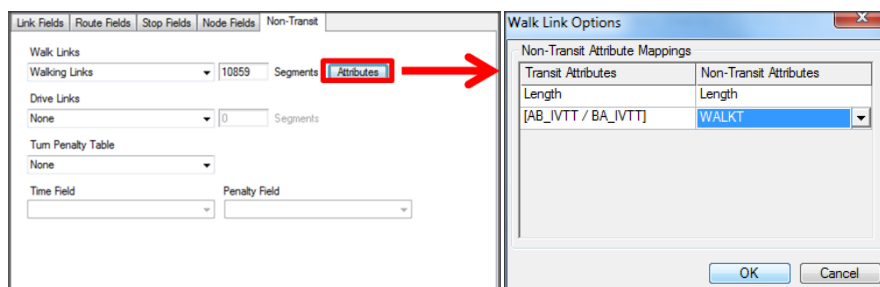


Figura 2.32 Cuadro de diálogo, ajustes del "Transit Network" IV.

En el campo [Walking Links] se establece el conjunto de selección de los arcos peatonales. Luego se establecen los atributos de dichos arcos de la red. Si previamente se ha utilizado un campo para definir el tiempo de viaje del Transporte Público, habrá que redefinir dicho campos para los movimientos peatonales "WALKT", que representa el tiempo de viaje peatonal por los arcos de la red.

Una vez determinados todos los parámetros necesarios de la "Transit Network" se guarda el archivo (*.tnw).

TrasnCAD actualizará automáticamente la "Network" de trabajo a la última versión guardada. El archivo (*.tnw) activo se muestra en la zona inferior izquierda del área de trabajo.

2.2.1. Actualizar la "Transit Network"

Una vez se ha creada la "Transit Network" los atributos de los arcos, las paradas, las rutas y los nodos se graban en el archivo (*.tnw). Esto significa que los cambios que se realicen a posteriori sobre los atributos y sobre la topología de las capas no se reflejan automáticamente sobre dicho archivo, es posible, también, que ciertos campos característicos de la red de Transporte no hayan sido introducidos anteriormente.

Para evitar tener que volver a generar un nuevo archivo (*.tnw) cada vez que se realice un cambio en la topología o en los atributos de las capas, es posible actualizar en cualquier momento dichos atributos de la "Transit Network".

Para abrir el cuadro de dialogo de actualización de la "Transit Network":

Transit > Update Network Attributes.

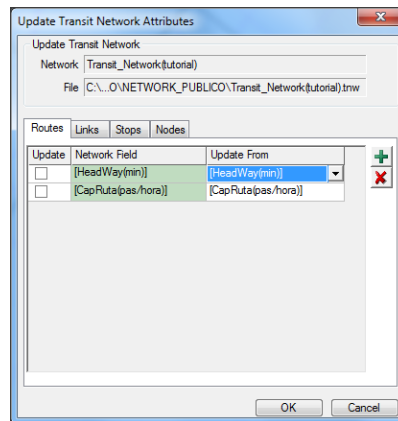



Figura 2.33. Cuadro de diálogo, actualización de atributos del "Transit Network".

Mediante el icono  pueden añadirse nuevos campos necesarios para la asignación y que previamente no se introdujeron.

Para actualizar campos ya existentes habrá que marcar la casilla "Update" de dichos campos.

2.3. MÉTODOS DE ELECCIÓN Y ASIGNACIÓN DE VIAJES:

TrasnCAD aporta diferentes métodos de asignación y elección de viajes. La principal diferencia entre estos métodos radica en las hipótesis sobre el modo en que el viajero elige o no una determinada ruta entre el abanico de posibilidades.

Entre los diferentes métodos de asignación destacan los siguientes:

2.3.1. The Shortest Path Method:

Este método encuentra una única ruta para cada demanda de viaje que minimice el coste total generalizado del viaje. En cada uno de los segmentos de ruta solo se elegirá un único movimiento, incluso si un segmento es cubierto por más de una ruta con los mismos costes generalizados

2.3.2. The Method of Optimal Strategies (EMME/2 Style Method):

Este método es una versión adaptada a TrasnCAD del método "Transit Pathfinding Method" del software EMME/2. Este método usa el concepto de "*Optimal Strategy*", que es generalización del concepto de una única ruta. Se basa en la suposición de que el pasajero tomará la primera línea que le deje en su destino en un tiempo de viaje razonable, por tanto, la elección de una u otra línea se basará en el tiempo de viaje y en las frecuencias de paso. Este método no utiliza las tarifas de viaje para la elección de la mejor ruta.

2.3.3. The Pathfinder Method:

Este método es una generalización y mejora del método de "Optimal Strategies". Difiere de otros métodos en que aquí se tiene en cuenta el sistema tarifario de las líneas para calcular la ruta óptima. Esto se hace mediante el uso de un coste generalizado de viaje en vez de utilizar únicamente el tiempo de viaje como medida a minimizar en la elección de la ruta.

El coste generalizado de viaje se calcula aplicando un factor de valor del tiempo, el cual es especificado por el usuario, convirtiendo así los tiempos de espera y de viaje en unidades monetarias, combinándolas posteriormente con las tarifas de cada viaje.

Se ha escogido el "Pathfinther Method" para la elaboración del análisis, se explicará a continuación en este anexo los pasos a seguir para su configuración y posterior ejecución

2.4. CONFIGURACIÓN DEL "PATHFINDER METHOD"

Los ajustes del modelo de asignación mediante el "Pathfinder Method" incluyen los siguientes parámetros:

El campo de tiempo de viaje en Transporte Público

Información sobre los nodos que corresponden con Centroides

Información y control sobre las paradas de ruta

Los atributos de la "Network" que contienen los datos de frecuencia de las rutas, las penalizaciones por transbordo, los valores máximos y mínimos de tiempos de espera y transbordos, los tiempos de subida y bajada de los vehículos y tiempos de cambio de sentido.

Límites del número de transbordos posibles, máximo coste generalizado permitido del viaje, máximo tiempo de transbordo permitido y máximo tiempo permitido por modo

los pesos asignados a los tiempos de espera, tiempos de viaje, tiempos de subida y bajada, tiempo sobre los "Non-Transit Links" y tiempos de transbordo

La estructura tarifaria

La información sobre los diferentes modos de Transporte

La información sobre los movimientos de transbordo entre modos

La información sobre las paradas

La introducción y configuración de todos estos parámetros y variables se explican a continuación.

Existen siete tipos de variables en el cuadro de configuración del "Pathfinder Method":

Campo	Descripción
General	Ajuste del tiempo de viaje sobre los arcos, el coste máximo de cada viaje, el valor del tiempo, el máximo número de transbordos permitidos, los centroides y el control de los tiempos de acceso entre el centroide y la parada.
Mode	especifica la tabla de modos y la tabla de transbordos.
Fare	ajuste del tipo tarifario
Times	Ajuste de la frecuencia de paso, el tiempo de transbordos, y configuración de los tiempos máximos y mínimos permitidos para los tiempos de espera, de acceso, de salida y de viaje.
Weights	Se establecen los pesos correspondientes a todos los parametros que componen el sistema de rutas, así como los tiempos de parada.
Access P&R	Se ajustan los parámetros correspondientes a los movimientos del trafico privado entre el centroide y el parking (Park-and-Ride).
Egress P&R	Se ajustan los parámetros correspondientes a los movimientos del trafico privado entre el parking y el centroide (Park-and-Ride).

Tabla 2.3. Aspectos configurables del "Pathfinder".

Para abrir y configurar el cuadro de diálogo del "Pathfinder Method":

Transit > Transit Network Settings > Pathfinder...

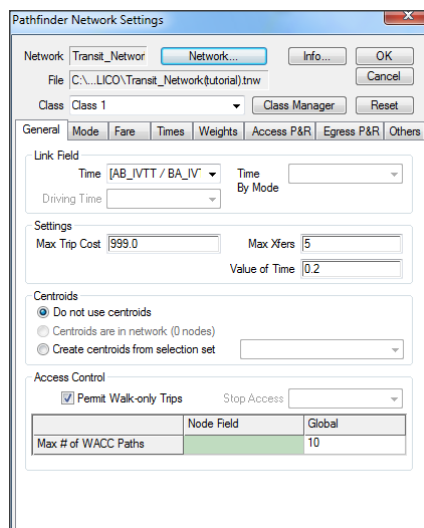


Tabla 2.4 Cuadro de diálogo, Configuración del sistema de Transporte, ajustes generales.

2.4.1. Tratamiento de los niveles de información

Como ya se expuso anteriormente, los parámetros que caracterizan el modelo Público pueden ser especificados en diferentes niveles, esto es, a nivel de ruta, a nivel de modo, a nivel de parada, a nivel de nodos o de forma global para todas las rutas que componen la "Network". En el caso del "Pathfinder Method" la prioridad de lectura de la información entre los distintos niveles es la siguiente, en orden descendente:

Valores de la tabla de atributos de las paradas o de los nodos.

Valores de la tabla de atributos de rutas.

valores de la tabla de modos.

Valores globales.

Si en el momento de la lectura faltara un valor en un nivel de alta prioridad, TrasnCAD buscará dicho valor en el siguiente nivel de menor prioridad.

2.4.2. Los tipos de usuarios

TrasnCAD permite generar diferentes tipos de configuraciones de los métodos de asignación del Transporte Público para distintos usuarios, evitando así la generación de diferentes modelos y en consecuencia, la creación de diferentes archivos para cada uno de ellos. En efecto, si el análisis realizado contiene diferentes tipos de usuarios, por ejemplo, usuarios que no disponen de Transporte privado y por tanto acceden al Transporte Público a pie o usuarios que utilizan vehículo privado como forma de acceso, es posible generar ambos modelos en un mismo archivo "Transit Network" (*.tnw).

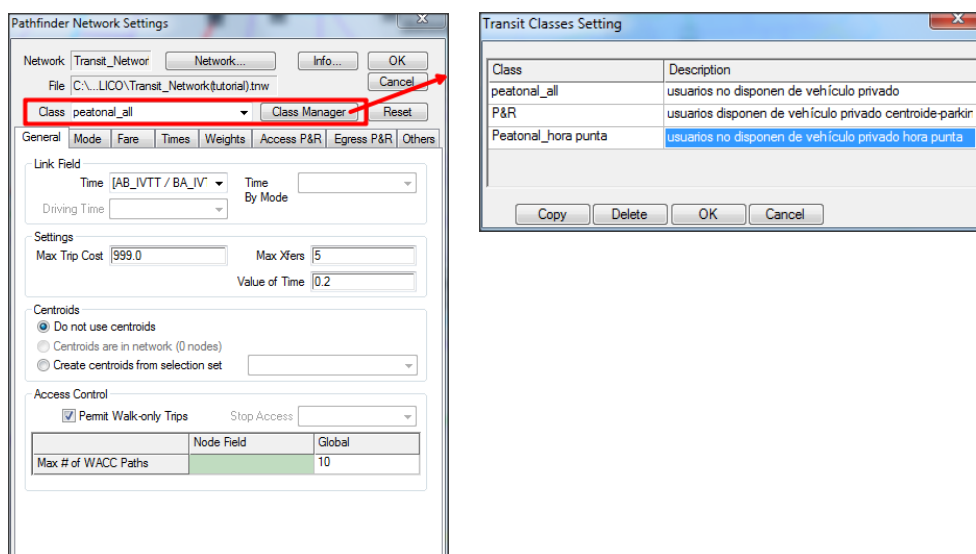


Tabla 2.5 Cuadro de diálogo, Configuración del sistema de Transporte, tipos de usuario.

2.4.3. Ajustes Generales

los ajustes generales permiten definir parámetros generales del modelo Público. En la tabla inferior se muestran los parámetros que han de quedar definidos por el usuario:

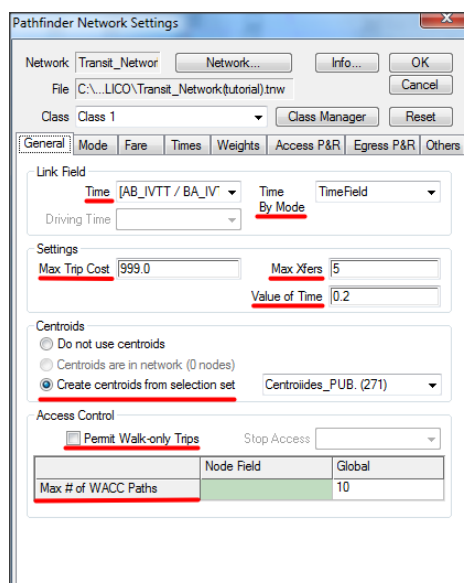


Tabla 2.6 II Cuadro de diálogo, Configuración del sistema de Transporte, ajustes generales II.

Parámetro	Descripción
Link Field Time	Definida por un campo de la tabla de atributos de los arcos de la red base, establece la velocidad del transporte público por cada arco
Time By Mode	Si se usa una tabla de modos, puede definirse un tiempo para cada tipo de modo de transporte. Para ello se define un campo de tipo alfanumérico en la tabla de modos que concuerda con el campo de la tabla de atributos de la red base que determina el tiempo de recorrido por cada arco de cada modo de transporte. Esto es necesario si existiesen diferentes modos de transporte que discurran por las mismas vías y que operen a distintas velocidades.
Max. Trip Cost	Valor global. Define el máximo coste generalizado por cada viaje.
Max Xfer	Valor global. Define el máximo número de transbordos para cada viaje.
Max Xfer Time	Valor global. Define el número máximo de transbordos posibles en un viaje.
Value of Time	El algoritmo de asignación minimizará el coste generalizado de cada viaje. En aras de calcular este coste mínimo, todos los atributos de tiempo serán convertidos en unidades monetarias. El parámetro de valor del tiempo (VOT) es usado como factor de conversión. Todas las unidades de tiempo son multiplicadas por el VOT para calcular la unidad monetaria equivalente. la suma de tarifas y tiempos (transcritos a unidades monetarias) son usados para calcular el coste generalizado de cada viaje. Si se quiere que la asignación busque únicamente minimizar los tiempos de viaje, sin tener en cuenta el precio de tarifas y el coste generalizado, habrá que establecer el valor del VOT a uno y hacer cero todas las tarifas de los viajes. el valor del tiempo se representa en unidades monetarias/minutos.
Centroids	Define los centroides de la red. Para ello habrá que realizar una selección en la capa de nodos de aquellos que correspondan a centroides. Una vez queden definidos, la asignación evitará que los viajes discurran a través de los conectores.
Driving Time	Campo definido en la capa de atributos de la red que describe el tiempo de recorrido por cada arco en vehículo privado. Este parámetro solo podrá definirse si se activa la configuración de Park-and-Ride.
Max # of Walk Access Paths	Máximo número de diferentes rutas que podrán utilizarse entre los centroides y las paradas. Este parámetro puede definirse con un campo en la tabla de modos o de forma generalizada
Permit Walk-only Trips	Checkbox que permite o prohíbe viajes realizados únicamente a pie, sin uso del transporte público.

Tabla 2.7. Variables generales del modelo de Transporte.

2.4.4. Ajustes de los tipos de Modos

Si previamente se ha generado una tabla de modos donde se recopilan los parámetros operativos de los distintos modos de Transporte del modelo, *ver apartado 2.1.3 "Introducir los parámetros y atributos que caracterizan la red de Transporte Público"*, y se quiere incorporar dicha información al modelo, dicha tabla ha de estar abierta en el entorno de trabajo, luego, en la pestaña "Mode Table" habrá que activarla

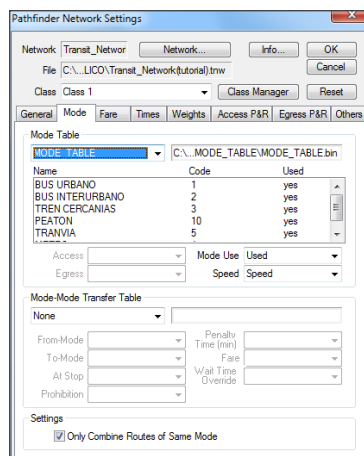


Figura 2.34. Cuadro de diálogo, Configuración del sistema de Transporte, ajustes por modo.

TrasnCAD realiza una lectura automática de la tabla de modos y actualiza los ajustes del cuadro de diálogo, los parámetros a ajustar son los siguientes:

Parámetro	Descripción
Mode Table	Determina la tabla de modos a usar, la lista inferior describe para cada modo su nombre, el ID del modo y si está activo o no.
Mode Used	Campo de la tabla de modos que determina si está activo o no. El valor (1) de este campo en la tabla de modos activa el modo, el valor (0) lo desactiva.
Speed	describe la velocidad de cada modo. Si para cualquier arco faltase el valor correspondiente a el tiempo de recorrido, se usará esta velocidad para calcularlo.
Only combine Routes of the Same Mode	Si está activo, los viajes solo se realizarán a través de un único modo, no pudiendo combinarse. En caso contrario se habilita la intermodalidad.

Tabla 2.8. Variables de los modos de Transporte.

2.4.5. Ajuste del sistema tarifario

En la pestaña "Fare System" del cuadro de diálogo "Fare" puede elegirse el tipo de sistema tarifario a utilizar, "Flat Fare", "Zonal Fare" o "Mixed Fare". Los distintos tipos de tarifas se explicaron anteriormente en este anexo.

La lectura de las tarifas puede hacerse de forma prioritaria sobre cada ruta, sobre cada modo o de forma global

Se permite establecer dos tipos de tarifas, una correspondiente al pago en el momento de embarque, "Flat Regular Fare", y la segunda " Flat Transfer Fare" correspondiente al pago debido al posible transbordo entre rutas

generalmente, los transbordos entre rutas de un mismo modo son gratuitos, con un mismo billete de embarque pueden utilizarse cuantas rutas se necesiten para llegar a un destino, este hecho se puede implementar activando el checkbox " free Transfers within Same Mode" en el cuadro de diálogo activo.

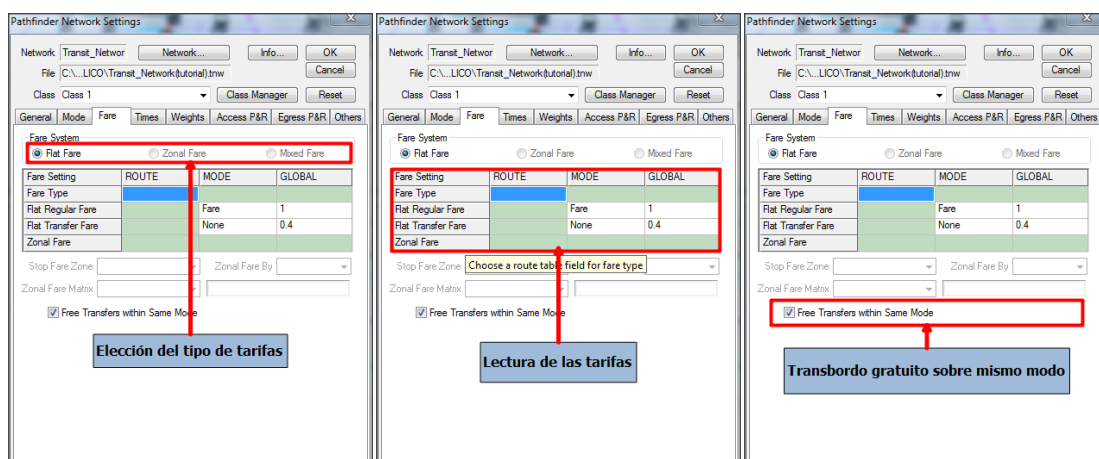


Tabla 2.9 Cuadro de diálogo, Configuración del sistema de Transporte, ajustes del sistema tarifario.

2.4.6. Ajuste de los tiempos característicos del Transporte Público y del viajero

En el cuadro de diálogo "Time" se determinan los tiempos que caracterizan el sistema de Transporte Público del modelo. La siguiente tabla describe cada uno de los parámetros que pueden ser definidos por el usuario:

Parámetro	Descripción
Headway	Intervalo de paso de los vehículos (en minutos). De forma general, el tiempo de espera del usuario en la parada se toma como la mitad de este tiempo.
Initial Penalty	Establece el tiempo de penalización asociado al primer embarque del viaje.
Transfer Penalty	Tiempo de penalización para cada transbordo realizado.
Max. Init Penalty	Límite máximo de espera inicial. El tiempo de espera no será mayor que este independientemente de cual sea el intervalo entre vehículos.
Max. Xfer Wait	Máximo tiempo de espera transbordos.
Min. Init Penalty	Tiempo mínimo de espera inicial. El tiempo de espera inicial no será menor que éste, independientemente de cual sea el intervalo entre vehículos.
Min. Xfer Wait	Mínimo tiempo de espera en transbordos.
Layover	Tiempo de viaje extra asociado al cambio de sentido de la ruta.
Dwell On	Tiempo fijo de permanencia en parada debido al embarque de pasajeros, independientemente del número de pasajeros embarcados.
Dwell Off	Tiempo fijo de permanencia en parada debido al desembarque de pasajeros, independientemente del número de pasajeros embarcados.
Max. Access Walk	Máximo tiempo de viaje a pie permitido entre el centroide y la parada. Si el tiempo de viaje superase este valor no se podrá realizar dicho movimiento.
Max. Egress Walk	Máximo tiempo de viaje a pie permitido entre la parada y el centroide. Si el tiempo de viaje superase este valor no se podrá realizar dicho movimiento.
Max. Transfer Walk	Máximo tiempo de viaje a pie entre paradas. Si el tiempo de transbordo superase este parámetro no se podrá realizar dicho viaje.
Maximun Modal Total	Máximo tiempo permitido de viaje en cada modo de transporte.

Tabla 2.10. Variables del sistema tarifario.

Cada uno de estos parámetros pueden definirse a nivel de parada, de ruta, de modo, o de forma global.

Es importante definir con la mayor exactitud posible ciertos parámetros como "Headway", "Dwell on" o "Dwell off", la suma de los dos últimos determina el tiempo de estancia del vehículo en cada parada, por tanto, habría que definir un tiempo de parada independiente para cada modo de Transporte.

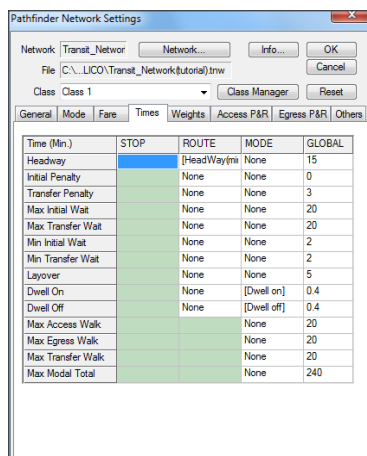


Figura 2.35 Cuadro de diálogo, Configuración del sistema de Transporte, ajustes de tiempos.

Nótese que los tiempos máximos de espera no excluyen rutas con intervalos de tiempo altos, solo limitan dichas esperas, no pudiendo sobrepasar ese tiempo.

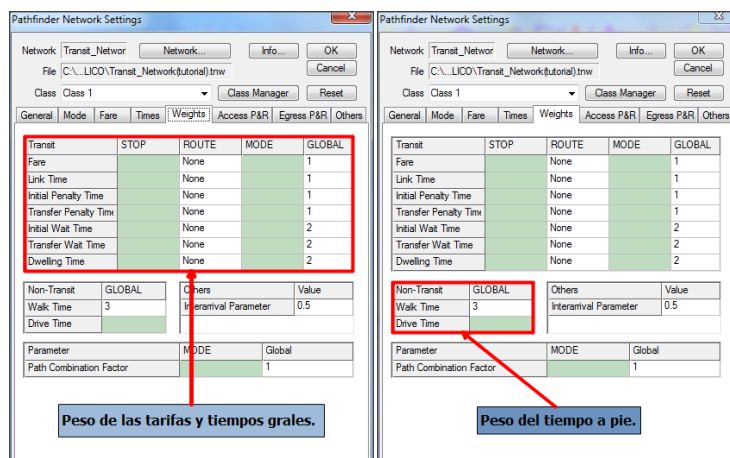
2.4.7. Ajuste de los pesos de las variables de tiempo para el cálculo del coste del viaje

Los factores de peso que se definen en el cuadro de dialogo "Weights" determinan la forma en la que los usuarios perciben las diferentes variables de tiempo que caracterizan uno u otro recorrido para llegar a su destino.

Un ejemplo es la diferencia sobre la percepción de un usuario sobre el tiempo de espera en parada y el tiempo de viaje en vehículo. En efecto, si para llegar a un mismo destino existiesen dos rutas A y B diferentes con un tiempo total similar entre ellas, donde la primera tiene un tiempo de espera menor que la segunda y, consecuentemente, un tiempo de viaje en Transporte Público mayor, ésta será, de forma general, la preferida para el usuario, pues le otorga una mayor penalización al tiempo de espera en parada.

Este hecho ocurre también con otros factores como el número de transbordos necesarios o el tiempo a pie para alcanzar el destino.

Los pesos de los diferentes parámetros se introducen en el cuadro de diálogo "Weights":



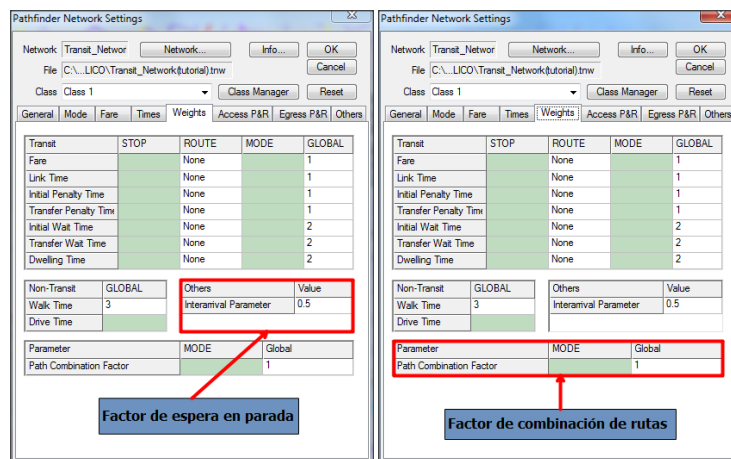


Figura 2.36 Cuadro de diálogo, Configuración del sistema de Transporte, ajustes de los pesos.

El siguiente cuadro muestra los parámetros que han de quedar definidos:

Parámetro	Descripción
Fare	Ajusta el peso aplicado a la tarifa
Link Time	Ajusta el peso aplicado al tiempo de viaje en transporte público
Initial Penalty Time	Ajusta el peso aplicado al tiempo de penalización asociado al primer embarque
Transfer Penalty Time	Ajusta el peso aplicado al tiempo de penalización asociado a cada transbordo
Init. Wait Time	Ajusta el peso aplicado al tiempo de penalización asociado al tiempo de espera en parada del primer embarque
Transfer Wait Time	Ajusta el peso aplicado a los tiempos de transbordo
Dwell Time	Ajusta el peso asociado al tiempo de subida y bajada de cada parada
Non-Transit Walking Time	Ajusta el peso del tiempo a pie
Non-Transit Driving Time	Si se activa la opción de "Park-and-Ride", ajusta el peso aplicado a los tiempos de viaje en vehículo privado
Interarrival Parameter	Parámetro para calcular el tiempo de espera en parada. Un valor de 0,5 significa que el tiempo de espera en parada es la mitad del intervalo entre vehículos.
Path Combination Factor	Se usa para determinar las rutas a combinar.

Tabla 2.11. Definición de los factores asociados a los pesos.

2.4.8. La función de costes

La función de costes que trata de minimizarse para la asignación mediante el método desarrollado hasta ahora está compuesta por los siguientes elementos:

Tarifas de viaje.

Tiempo de viaje en vehículo Público.

Tiempo de espera en paradas,

Tiempo de subida/bajada de los vehículos

Tiempos de transbordos

Tiempo de los movimientos peatonales.

Matemáticamente, el coste k del viaje se calcula como:

$$C_k = \sum_{a \in A} \delta_a^k (V_a + W_a)$$

$$V_a = \gamma_r r_a + VOT(\gamma_l l_a + \gamma_x x_a + \gamma_d d_a) \quad \text{si } a \text{ es un mov. en vehículo Público}$$

$$V_a = VOT \cdot \gamma_k k_a \quad \text{en caso contrario}$$

$$W_a = VOT \cdot (\gamma_w \cdot \frac{\alpha}{\sum_{b \in F_{t(a)}^k} (f_b)}) \quad \text{si } a \text{ es un movi. en vehículo Público}$$

$$W_a = 0 \quad \text{en caso contrario}$$

Donde:

c_k	=	Coste total del viaje, en unidades monetarias
a	=	arco peatonal o de Transporte Público
A	=	Conjunto de arcos que forman el viaje
δ_a^k	=	Proporción del movimiento de k asignado al arco a
V_a	=	Coste del viaje asociado al arco a
W_a	=	Coste de espera en paradas asociados al arco a
γ_r	=	peso de la tarifa
r_a	=	tarifa asociada al arco a
VOT	=	coste monetario del tiempo
γ_l	=	peso de tiempo en vehículo Público
l_a	=	Tiempo transcurrido en vehículo Público sobre el arco a
γ_x	=	peso del tiempo de penalización por transbordo
x_a	=	Tiempo de penalización asociado al arco a
γ_d	=	Peso del tiempo de subida/bajada del vehículo
d_a	=	Tiempo de subida/bajada en parada asociados al arco a
γ_w	=	peso del tiempo de espera
α	=	factor de llegada del vehículo
$t(a)$	=	nodo final del arco a
$F_{t(a)}^k$	=	arcos del viaje total k que tengan $t(a)$ como <i>nodo final</i>
f_a	=	frecuencia del servicio asociado al arco a
γ_k	=	peso del tiempo de viaje peatonal
k_a	=	tiempo de viaje peatonal sobre el arco a

Para una secuencia de arcos que pertenezcan a una misma ruta, la tarifa del viaje solo se asignará al primer arco.

2.5. ASIGNACIÓN DE LA MATRIZ DE VIAJES

Una vez se haya configurado todos los parámetros del sistema de Transporte puede darse paso a la asignación de la matriz de viaje, para ello, dicha matriz debe estar abierta en el entorno de trabajo. Para abrir el cuadro de diálogo de la asignación:

Transit > Assignment > Pathfinder.

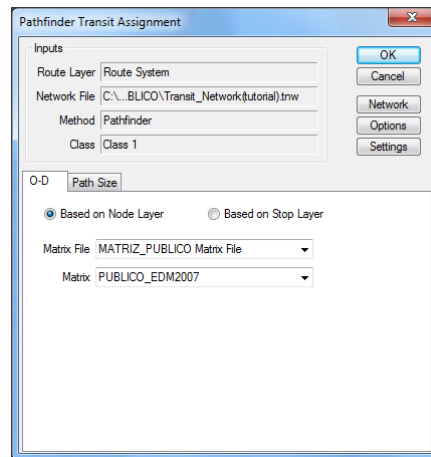


Figura 2.37. Cuadro de diálogo, ajustes de la asignación de la matriz de viajes.

En el cuadro de diálogo de la asignación se mostrarán los datos de entrada correspondiente a la capa de ruta, el archivo de red, el método de asignación y el tipo de usuario.

Mediante el botón **Network** pueden modificarse los parámetros correspondientes al modelo Público

El Botón **Network** abre el siguiente cuadro de diálogo:

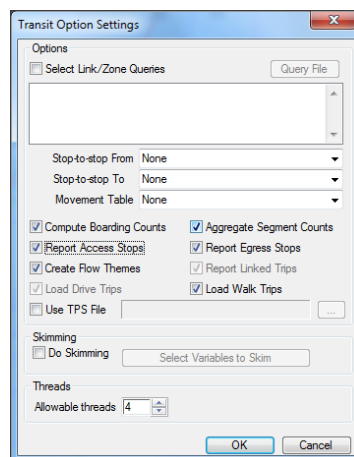


Figura 2.38. Cuadro de diálogo, selección de los resultados aportados por la asignación.

en el cuadro de diálogo "Transit Option Settings" se determinan que parámetro calculados por el algoritmo de asignación. Es importante activar ciertas casillas como "Report Access Stops" o "Create flow themes", este último generará un mapa de color de los movimientos de los usuarios sobre la red, si bien, pueden generarse una vez se haya realizado la asignación. Además, la herramienta "Skimming" aporta información valiosa para el análisis del sistema de Transporte Público, se detalla más adelante en el **apartado 2.7.5 Análisis de accesibilidad entre las zonas de atracción de viajes, el "Skimming"**.

La asignación generará los siguientes archivos:

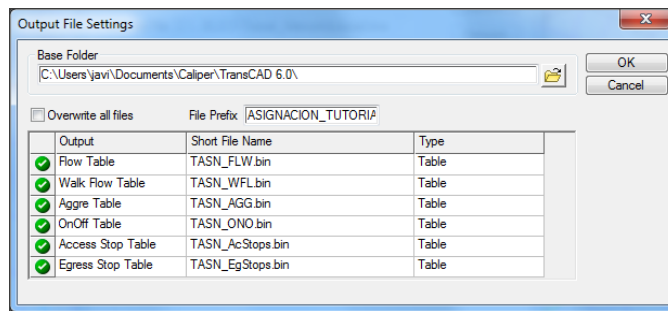


Figura 2.39. Cuadro de diálogo, archivos de salida del proceso de asignación Público.

2.6. RESULTADOS DE LA ASIGNACIÓN

Los resultados de la asignación aparecerán en formato tablas (*.bin) en el entorno de trabajo, cada una de ellas aportará distintos datos sobre los movimientos de los usuarios. Es importante entender y manejar dichos datos, así como las relaciones entre ellos para posteriormente poder sacar distintas conclusiones del sistema de Transporte del modelo.

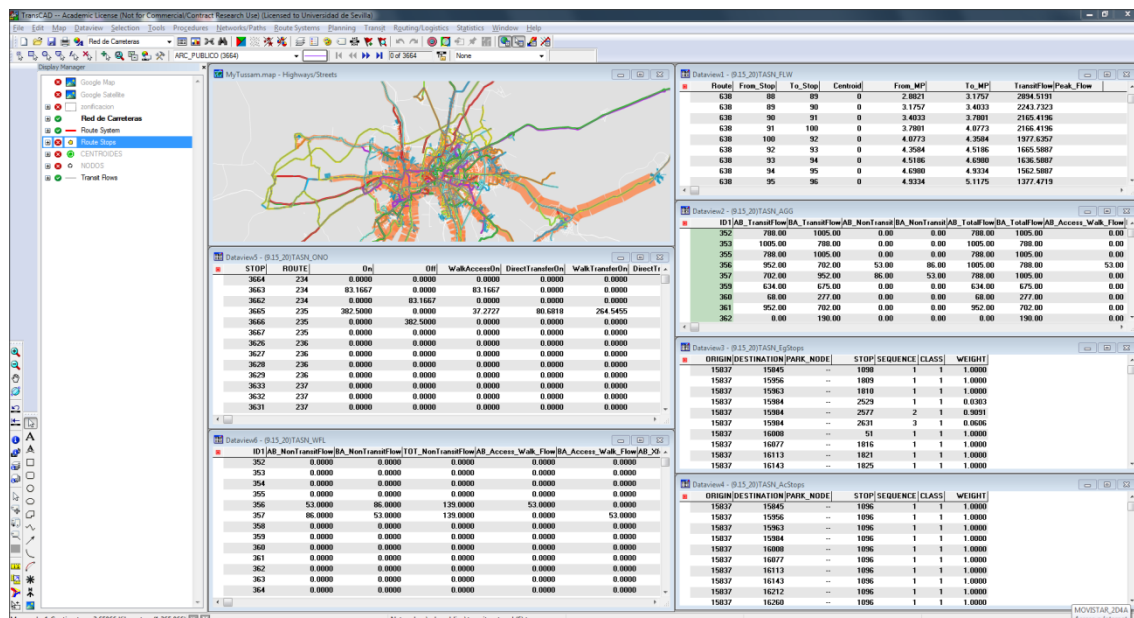


Figura 2.40. Entorno de TransCAD, visualización de los resultados de la asignación.

2.6.1. Flow Table.*TASN_FLW.bin

Esta tabla desglosa el volumen de pasajeros que discurren entre paradas sucesivas de cada ruta, además, muestra el tiempo de recorrido entre paradas y el coste asociado a cada movimiento

Route	From_Stop	To_Stop	Centroid	From_MP	To_MP	TransitFlow	Peak_Flow	BaseVTT	Cost	VOC
1025	3876	3877	0	6.0494	8.3371	354.9432	5.1830	5.1830	--	--
1025	3876	3876	0	4.6344	6.0494	354.9432	1.6004	1.6004	--	--
1025	3874	3875	0	3.2527	4.6344	354.9432	4.6328	4.6328	--	--
1025	3873	3874	0	2.4434	3.2527	352.0432	2.8003	2.8003	--	--
1025	3872	3873	0	2.0603	2.4434	352.0432	0.9327	0.9327	--	--
1025	3881	3872	0	1.3832	2.0603	351.3174	1.9626	1.9626	--	--
1025	3871	3881	0	0.7509	1.3832	356.1745 *	1.8885	1.8885	--	--

Parámetro	Descripción
Route	ID de la ruta.
From_Stop	ID de la primera parada del tramo.
To_Stop	ID de la parada sucesiva a la anterior.
Centroid	toma valor 1 si dicha parada corresponde con un centroide, 0 en caso contrario.
From_MP	Punto kilométrico inicial del tramo.
To_MP	Punto kilométrico final del tramo.
TransitFlow	Flujo de pasajeros en dicho tramo.
Peak_Flow	aparecerá (*) en caso de que este sea el tramo de mayor flujo de pasajeros de la línea, vacío en caso contrario.
BaseVTT	Tiempo en recorrer el tramo de línea entre paradas sucesivas.
Cost	Coste generalizado del tramo de línea.
VOC	Relación del volumen de pasajeros frente a la capacidad de la línea.

Tabla 2.12. Descripción de los datos de la tabla de Flujos.

2.6.2. Walk Flow Table.*TASN_WFL.bin

Muestra información referente a los movimientos peatonales y/o en vehículo privado para cada arco de la red base, desglosándolos en movimientos de acceso y salida y movimientos de transbordos

ID1	AB_NonTransitFlow	BA_NonTransitFlow	TOT_NonTransitFlow	AB_Access_Walk_Flow	BA_Access_Walk_Flow	AB_Xfer_Walk_Flow	BA_Xfer_Walk_Flow	AB_Egress_Walk_Flow	BA_Egress_Walk_Flow
12769	928.0000	938.0000	1866.0000	928.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	938.0000
12768	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12767	1527.0000	1554.0000	3081.0000	1527.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1554.0000
12766	1527.0000	87.5000	1614.5000	1527.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	87.5000
12765	1113.0000	1288.0000	2401.0000	1113.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1288.0000
12764	1113.0000	1288.0000	2401.0000	1113.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1288.0000
12763	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12762	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12761	1261.0000	1066.0000	2327.0000	1261.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1066.0000
12760	727.3333	729.6191	1456.9524	703.0000	0.0000	0.0000	0.0000	24.3333	729.6191

Parámetro	Descripción
ID1	ID del arco de la red base.
AB_NonTransitFlow	Flujo peatonal y en vehículo privado en sentido AB del arco.
BA_NonTransitFlow	Flujo peatonal y en vehículo privado en sentido BA del arco.
TOT_NonTransitFlow	Flujo TOTAL peatonal y en vehículo privado sobre el arco.
AB_Access_Walk_Flow	Flujo peatonal desde el centroide, en sentido topológico del arco.
BA_Access_Walk_Flow	Flujo peatonal desde el centroide, en sentido inverso del arco.
AB_Xfer_Walk_Flow	Flujo correspondiente a los movimientos peatonales de transbordo en dirección topológica del arco.
BA_Xfer_Walk_Flow	Flujo correspondiente a los movimientos peatonales de transbordo en dirección inversa del arco.
AB_Egress_Walk_Flow	Flujo peatonal hacia el centroide, en sentido topológico del arco.
BA_Egress_Walk_Flow	Flujo peatonal hacia el centroide, en sentido inverso del arco.

Tabla 2.13. Descripción de los datos de la tabla de Flujos Peatonales.

2.6.3. Aggregate Ridership Table.*TASN_AGG.bin

Esta tabla resume los movimientos tanto en Transporte Público como los peatonales, identificándolos para cada arco de la red base

ID1	AB_TransitFlow	BA_TransitFlow	TOT_TransitFlow	AB_Access_Walk_Flow	BA_Access_Walk_Flow	AB_Xfer_Walk_Flow	BA_Xfer_Walk_Flow	AB_Egress_Walk_Flow	BA_Egress_Walk_Flow
363	136.00	0.00	136.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
364	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
366	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
369	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
370	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
372	860.00	813.00	1673.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
373	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
374	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
376	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
381	0.00	8091.54	8091.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Parámetro	Descripción
ID1	ID correspondiente al arco de la red base.
AB_TransitFlow	Flujo total del transporte público sentido AB del arco.
BA_TransitFlow	Flujo total del transporte público sentido BA del arco.
AB_NonTransit	Flujo peatonal y en vehículo privado en sentido AB del arco.
BA_NonTransit	Flujo peatonal y en vehículo privado en sentido BA del arco.
AB_TotalFlow	flujo TOTAL (suma de Transit y Non-Transit) en sentido AB del arco.
BA_TotalFlow	flujo TOTAL (suma de Transit y Non-Transit) en sentido BA del arco.
AB_Access_Walk_Flow	Flujo peatonal desde el centroide, en sentido topológico del arco.
BA_Access_Walk_Flow	Flujo peatonal desde el centroide, en sentido inverso del arco.
AB_Xfer_Walk_Flow	Flujo correspondiente a los movimientos peatonales de transbordo en dirección topológica del arco.
BA_Xfer_Walk_Flow	Flujo correspondiente a los movimientos peatonales de transbordo en dirección inversa del arco.
AB_Egress_Walk_Flow	Flujo peatonal hacia el centroide, en sentido topológico del arco.
BA_Egress_Walk_Flow	Flujo peatonal hacia el centroide, en sentido inverso del arco.

Tabla 2.14. Descripción de los datos de la tabla de Flujos.

2.6.4. On off Table *TASN_ONO.bin

La información que muestra esta tabla corresponde a los movimientos de subidas y bajadas en cada parada de cada ruta, diferenciando el tipo de movimiento de los usuarios, es decir, su procedencia, si son debidas a inicios o fin de viaje, a transbordos directos (el usuario no cambia de apeadero) o transbordos indirectos (el usuario que realiza el transbordo tuvo que desplazarse a pie para alcanzar la parada).

STOP	ROUTE	On	Off	WalkAccessOn	DirectTransferOn	WalkTransferOn	DirectTransferOff	WalkTransferOff	EgressOff
80	630	1385.2500	2774.8583	618.0000	0.0000	767.2500	0.0000	945.8729	1827.3953
81	630	322.0000	495.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	495.0000
82	630	235.7489	547.2251	0.0000	0.0000	235.7489	0.0000	418.3057	128.9194
83	630	0.0000	21.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	21.0000
84	630	179.0000	1262.4192	0.0000	0.0000	179.0000	0.0000	1844.9131	217.5068
85	630	42.0000	1251.3876	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	792.8421	458.5455
86	630	216.6299	54.0000	169.6299	0.0000	42.0000	0.0000	37.0000	17.0000
87	630	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
88	630	623.4202	1802.7509	0.0000	0.0000	623.4202	0.0000	1802.7509	0.0000
89	630	583.2512	1234.0381	0.0000	0.0000	583.2512	0.0000	1206.0381	28.0000

Parámetro	Descripción
STOP	ID de la parada.
ROUTE	ID de la ruta correspondiente a la parada de estudio.
On	Flujo total de subidas
Off	Flujo total de bajadas
WalkAccessOn	Subidas correspondientes a inicios de viaje.
DirectTransferOn	Subidas por transbordos directos.
WalkTransferOn	Subidas por transbordos indirectos.
DirectTransferOff	Bajadas por transbordos directos.
WalkTransferOff	Bajadas por transbordos indirectos.
EgressOff	Bajadas correspondientes a final de viaje.

Tabla 2.15.Descripción de los datos de la tabla de subidas/pajadas por parada.

2.6.5. Access Stop Table *TASN_AcStops.bin

La tabla AcStops muestra, para cada movimiento entre un Origen y su Destino, cuál o cuáles son las paradas de las rutas que se pueden tomar para comenzar el viaje. En el caso de que existan diferentes posibilidades, la tabla mostrará cada una de estas posibilidades y el peso de cada una de ellas

ORIGIN	DESTINATION	PARK_NODE	STOP	SEQUENCE	CLASS	WEIGHT
15837	15845	--	1096	1	1	1.0000
15837	15956	--	1096	1	1	1.0000
15837	15963	--	1096	1	1	1.0000
15837	15984	--	1096	1	1	1.0000
15837	16080	--	1096	1	1	1.0000
15837	16077	--	1096	1	1	1.0000
15837	16113	--	1096	1	1	1.0000
15837	16143	--	1096	1	1	1.0000
15837	16212	--	1096	1	1	1.0000
15837	16260	--	1096	1	1	1.0000

Parámetro	Descripción
ORIGIN	ID del centroide Origen.
DESTINATION	ID del centroide Destino.
PARK_NODE	Si lo hubiera, ID del nodo parking.
STOP	ID de la parada de acceso al sistema público.
SEQUENCE	Determina el número de posibilidades para el movimiento OD
CLASS	Determina el tipo de usuario.
WEIGHT	Factor de peso de cada posibilidad.

Tabla 2.16Descripción de los datos de los movimientos de acceso al TP.

2.6.6. Egress Stop Table *TASN_EgStops.bin

Al igual que la tabla anterior, esta tabla muestra, para cada movimiento entre un Origen y su Destino, cuál o cuáles son las paradas de las rutas que finaliza el viaje en Transporte Público, dando paso al tramo final a pie o en Transporte privado

ORIGIN	DESTINATION	PARK_NODE	STOP	SEQUENCE	CLASS	WEIGHT
15952	15848	--	1692	1	1	1.0000
16000	15848	--	3571	1	1	1.0000
16400	15848	--	3645	1	1	0.4444
16400	15848	--	4381	2	1	0.5556
16564	15848	--	3645	1	1	0.4444
16564	15848	--	4381	2	1	0.5556
15889	15849	--	1261	1	1	0.2340
15889	15849	--	1512	2	1	0.4255
15889	15849	--	4495	3	1	0.3404
16095	15849	--	4473	1	1	1.0000

Parámetro	Descripción
ORIGIN	ID del centroide Origen.
DESTINATION	ID del centroide Destino.
PARK_NODE	Si lo hubiera, ID del nodo parking.
STOP	ID de la parada de salida del sistema público.
SEQUENCE	Determina el número de posibilidades para el movimiento OD
CLASS	Determina el tipo de usuario.
WEIGHT	Factor de peso de cada posibilidad.

Tabla 2.17 Descripción de los datos de los movimientos de salida del TP.

2.7. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA ASIGNACIÓN

Toda la información generada por la asignación de viajes puede analizarse directamente en las tablas. Si bien, TrasncAD integra ciertas herramientas que permiten visualizar esta información de manera más clara posibilitando así un análisis más concreto de los resultados.

A continuación se verá como configurar y acceder a algunas de estas herramientas.

2.7.1. Crear de mapas y diagramas de flujo de pasajeros:

Una vez se ejecute la asignación de la matriz de viajes en el entorno, Trasncad creará automáticamente una unión entre los datos de flujos de la asignación y el sistema de rutas. Esta unión aparecerá como una nueva capa en el gestor de capas denominada "Transit Flows":

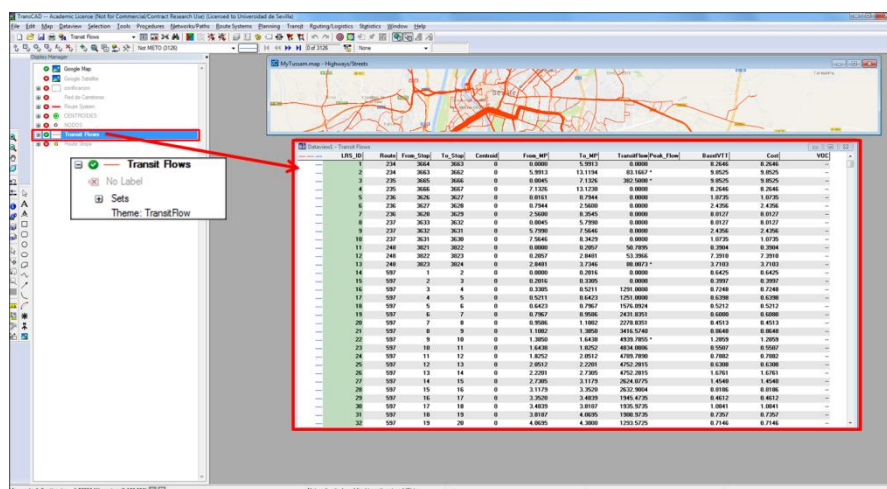
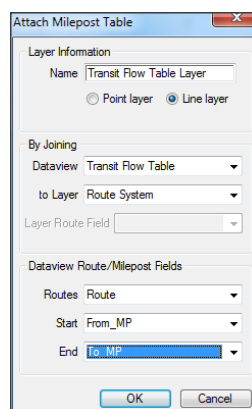


Figura 2.41. Entorno de TrasncAD, mapa y tabla de flujos de Transporte Público.

La nueva capa representará, mediante un mapa de densidad, el flujo de usuarios diferenciando entre los movimientos en Transporte Público y los peatonales sobre el mapa del modelo.

No obstante, esta unión puede realizarse de forma manual usando la siguiente herramienta:

Route System > Linear Referencing > Attach



Una vez se ejecute esta unión pueden llevarse a cabo mapas y diagramas de flujo para líneas concretas del sistema de Transporte, para ello se abre el cuadro de diálogo de creación de diagramas

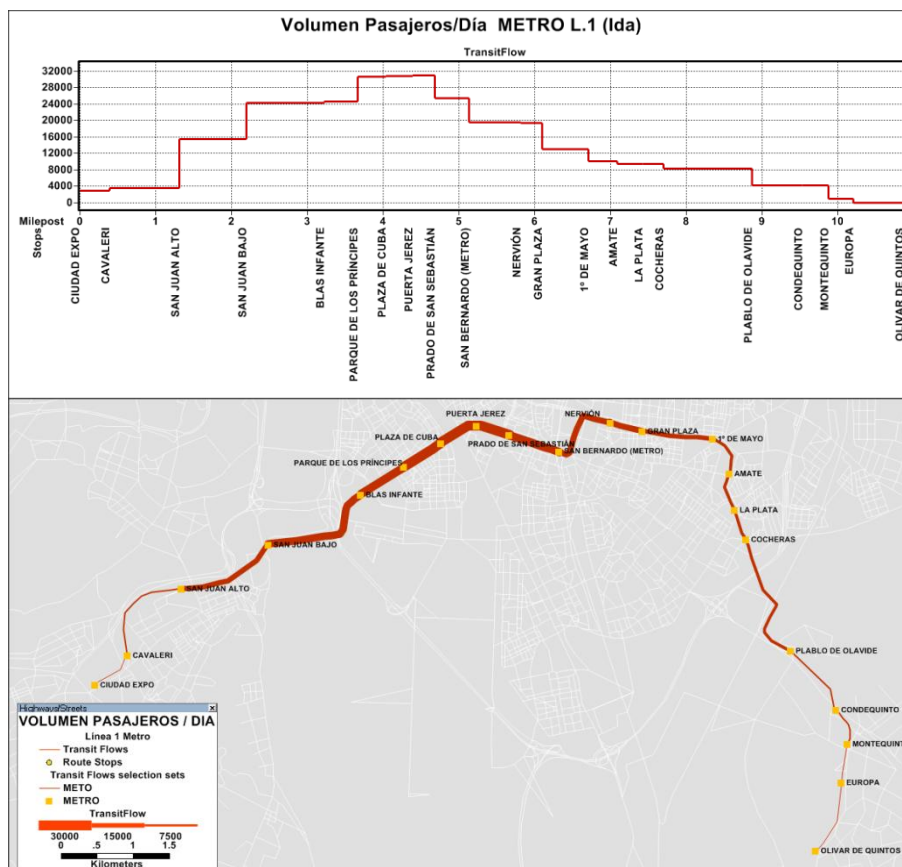
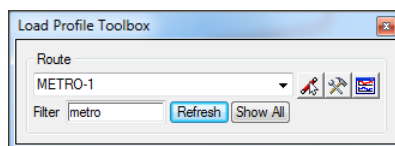


Figura 2.42. diagrama y mapa de flujos de Transporte Público (Línea 1 Metro Sevilla)

Transit > Load Profile Chart



Se selecciona la ruta que se desea representar.

El botón muestra el cuadro de diálogo de la herramienta, donde pueden establecerse los parámetros de representación, así como las características visuales del diagrama. El botón mostrará en pantalla el diagrama resultante.

2.7.2. Representar sobre los nodos de la red el numero de subidas/bajadas de cada parada.

Es posible incorporar cierta información procedente de la asignación a la red base. En esta sección se verá como agregar un nuevo campo a los nodos de la red que recopile el número de subidas y bajadas de los usuarios del Transporte Público.

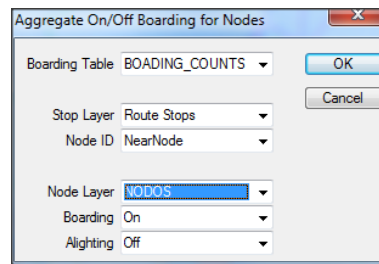
Antes de proceder es necesario preparar tanto la capa de nodos como la de paradas. Para la capa de nodos es necesario crear dos nuevos campos, uno para el número subidas y otro para las bajadas (los campos "On" y "Off").

En la tabla de atributos asociada a las paradas, es necesario tener un campo que relacione cada parada con su nodo más cercano, no obstante, esto tuvo que realizarse en el proceso de asignación, ver apartado "Paso 5, Creación del sistema de rutas".

Para agregar dicha información a los nodos de la red la tabla de subidas y bajadas (On Off Table) ha de estar abierta.

La capa "Route System" debe estar activa como capa de trabajo, para abrir el cuadro de dialogo de este proceso:

Transit > Aggregate On Off Counts



Este proceso actualizará los nuevos campos de la tabla de nodos de la red base, posteriormente podrá trabajarse con la capa de nodos, por ejemplo, creando mapas de densidad de los datos aportados por la asignación

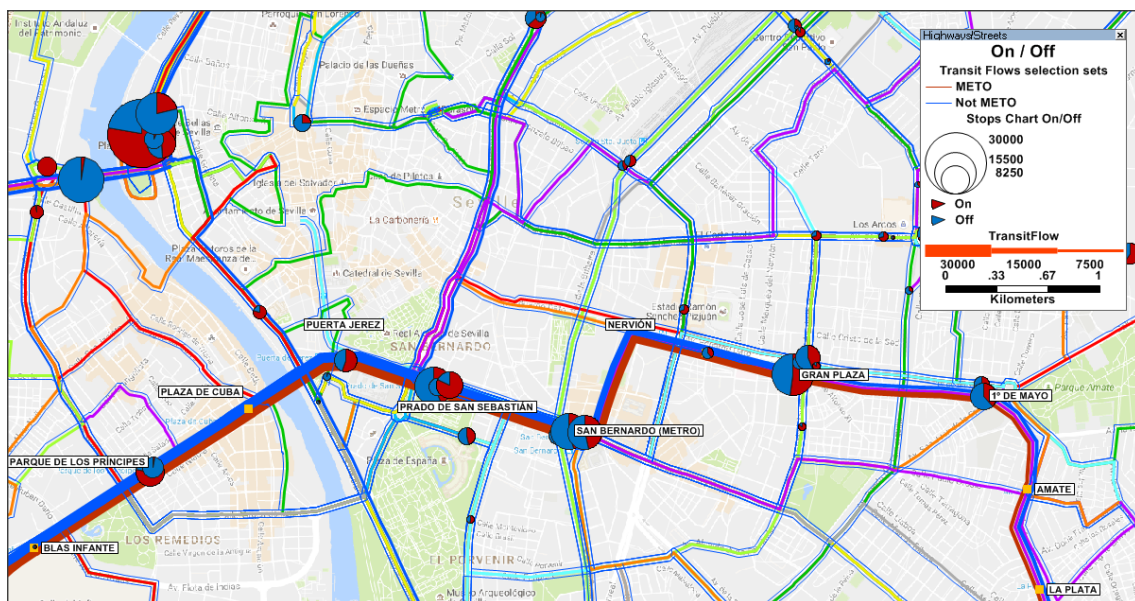


Figura 2.43. Densidad de subidas/bajadas y flujo de pasajeros

2.7.3. Llenar un campo de la Red Base con atributos de las rutas, cálculo del impacto de los vehículos del Transporte Público sobre el tráfico total.

Esta herramienta de llenado de datos de la "Red base" mediante los atributos de la red de rutas puede generar diferentes datos de utilidad para el análisis como, por ejemplo, el número total de pasajeros que pasan por una carretera o el número de buses que discurren por carretera dentro de una franja horaria.

Si las rutas son direccionales, el resultado puede segmentarse en ambos sentidos de la red, para ello habrá que crear dos campos, uno para el sentido AB del arco (dirección topológica) y otro para el contrario.

Es posible, Igualmente, calcular el flujo horario de vehículos equivalente por segmento, debiendo quedar previamente definidos en la tabla de rutas tanto la frecuencia de paso de los vehículos como el vehículo equivalente "Passenger Car Equivalent PCE"

El flujo de vehículos estimado está gobernado por la siguiente ecuación:

$$\text{Flow} = \text{PCE} \cdot \frac{\text{TimeUnits}}{\text{HeadWay}}$$

Donde:

TimeUnits = 1 para horas, 60 para minutos, 3600 para segundos.

Entonces, para cada ruta, es necesario definir correctamente el promedio PCE de vehículos operativos y la frecuencia de paso.

El proceso de llenado de los nuevos campos de la "Red Base" a partir de los valores aportados por la asignación es el siguiente:

Transit > Utilities > Fill Line Layer With Route Attribute

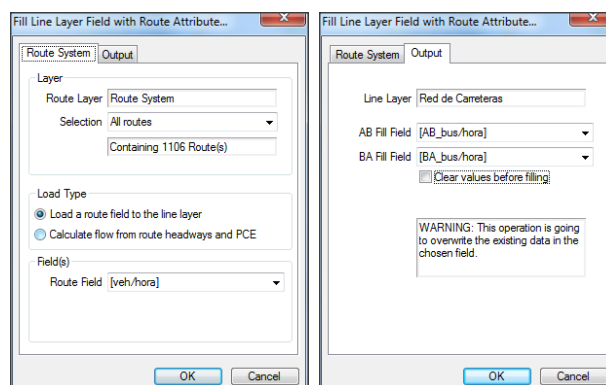


Figura 2.44. Cuadro de diálogo, Llenado de la Red base con atributos del "Route System".

La opción **"Load a route field to the line layer"** realizará una suma de los del atributo seleccionado del "Route System" y lo añadirá como nuevo campo en la "Red base".

En el ejemplo de la figura inferior se muestra el número de buses por hora que circulan por la red mediante un mapa de color y grosor, el color oscuro denota mayor afluencia de buses por el tramo de vía representado.



Figura 2.45. Mapa de densidad de circulación de buses por hora, municipio de Sevilla.

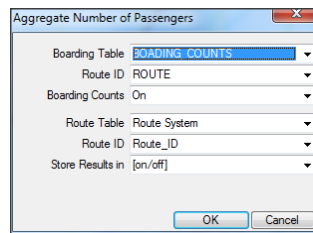
Por otro lado, existe la posibilidad de calcular el flujo equivalente activando la casilla **"Calculate flow from Headway and PCE"**. El PCE es un factor de equivalencia del vehículo frente al Transporte privado, representa, esencialmente, el impacto que tiene cada modo de Transporte sobre el tráfico de la vía. El valor típico de equivalencia de un autobús es de 3.5.

2.7.4. Evaluar el número de subidas/bajadas por ruta

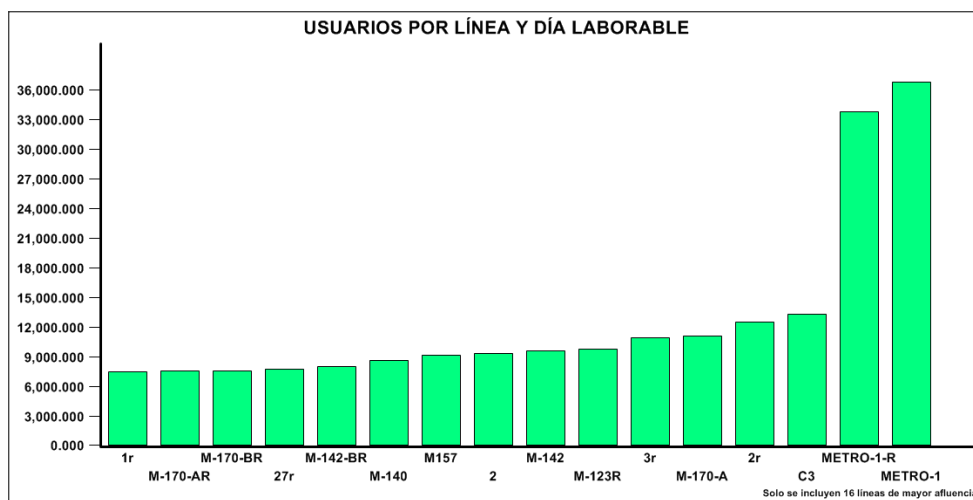
Mediante otro proceso semejante a los anteriores, es posible determinar el número total de usuarios que han subido/bajado en cada una de las rutas del modelo e introducir este dato en la tabla de atributos de la "Route

System". Para ellos es necesario modificar la tabla de atributos de las rutas añadiendo un nuevo campo, donde se recopilará el resultado del conteo:

Transit > Route Utilitation



De esta forma se hace posible crear diagramas de utilización de las líneas que forman el sistema de Transporte, un ejemplo lo vemos en la figura inferior, que represneta el número de usuarios que han accedido a cada una de las líneas representadas en dicho diagrama



2.7.5. Análisis de accesibilidad entre las zonas de atracción de viajes, el "Skimming"

El "Skimming" es una herramienta fundamental para el análisis de accesibilidad del Transporte Público del modelo de estudio, mediante la cual, se pueden generar datos que determinan cuantitativamente la contribución del sistema de Transporte Público a los movimientos entre las distintas zonas de atracción y generación de viajes, es decir, entre los centroides del modelo.

Esta herramienta consigue recopilar datos que relacionan los pares Origen-Destino basándose en el modelo de Transporte generado, la solución genera diferentes matrices OD y por cada par, podrá plasmarse la siguiente información referente a los movimientos del usuario del Transporte Público entre cada par OD, entre las que destacan;

- El Coste generalizado del viaje.
- El Tiempo Total del viaje.
- El Tiempo en Vehículo Público del viaje OD.
- El Tiempo Total a pie del viaje OD.
- El Tiempo de Espera en parada.
- El Número de Transbordos.

Además de los enunciados, existen otros parámetros parciales que pueden ser contabilizados, y que, mediante un correcto análisis, pueden determinar la mayor o menor accesibilidad entre las distintas zonas de la zona de estudio, estos son:

Tarifa de la ruta utilizada para realizar el movimiento OD (o suma de tarifas de los distintos modos necesarios).

Tiempo de espera inicial.

Tiempo de espera en parada por transbordos.

Tiempo de recorrido a pie por transbordos.

El tiempo de acceso a pie a la primera parada del viaje.

El tiempo a pie de dispersión.

El Tiempo de Penalización Inicial.

El Tiempo de Acceso en Vehículo Privado.

El Tiempo de Dispersión en Vehículo Privado.

La Distancia de Recorrido en Vehículo Público.

La petición de estos resultados del "Skimming" en formato (*.mtx) se realiza en el cuadro de diálogo de opciones de la asignación, si se realizó el proceso de asignación con anterioridad, será necesario realizarlo de nuevo, ver **apartado 2.5 ASIGNACIÓN DE LA MATRIZ DE VIAJES**.

Transit > Assignment > Pathfinder > Network

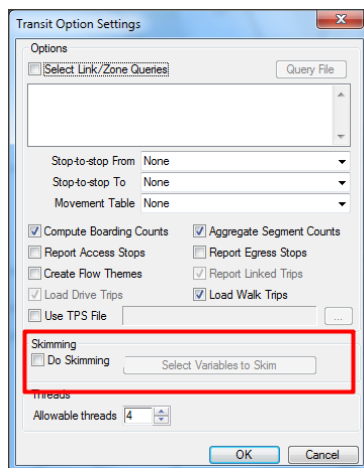


Figura 2.46. Cuadro de diálogo, selección de los resultados aportados por la asignación.

Activando la casilla "Do Skimming" aparece el siguiente cuadro de diálogo, donde se seleccionarán los parámetros que se deseen se reflejen en la solución del proceso.

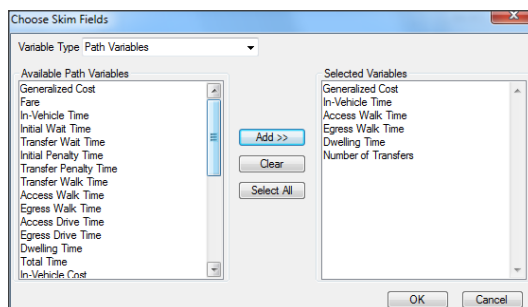
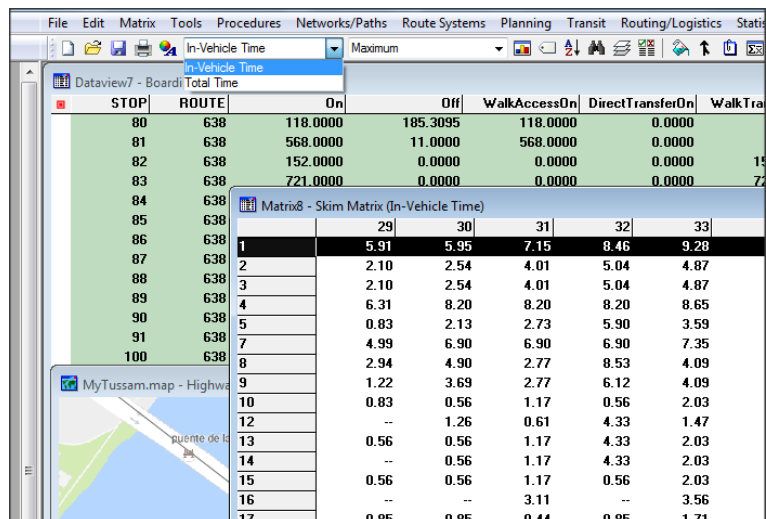


Figura 2.47. Cuadro de diálogo, selección de los parámetros "Skimming"

Una vez ejecutado el algoritmo, la asignación devolverá los resultados solicitados.

Mediante el desplegable de la barra de herramientas puede elegirse la matriz OD que quiera analizarse de entre todas las solicitadas, en la figura inferior se muestra in ejemplo



STOP	ROUTE	On	Off	WalkAccessOn	DirectTransferOn	WalkTra
80	638	118.0000	185.3095	118.0000	0.0000	
81	638	568.0000	11.0000	568.0000	0.0000	
82	638	152.0000	0.0000	0.0000	0.0000	15
83	638	721.0000	0.0000	0.0000	0.0000	72
84	638					
85	638					
86	638					
87	638					
88	638					
89	638					
90	638					
91	638					
100	638					

	29	30	31	32	33
1	5.91	5.95	7.15	8.46	9.28
2	2.10	2.54	4.01	5.04	4.87
3	2.10	2.54	4.01	5.04	4.87
4	6.31	8.20	8.20	8.20	8.65
5	0.83	2.13	2.73	5.90	3.59
7	4.99	6.90	6.90	6.90	7.35
8	2.94	4.90	2.77	8.53	4.09
9	1.22	3.69	2.77	6.12	4.09
10	0.83	0.56	1.17	0.56	2.03
12	--	1.26	0.61	4.33	1.47
13	0.56	0.56	1.17	4.33	2.03
14	--	0.56	1.17	4.33	2.03
15	0.56	0.56	1.17	0.56	2.03
16	--	--	3.11	--	3.56
17	0.85	0.85	0.44	0.85	1.71

En este punto, el usuario tiene toda la información necesaria para realizar un análisis detallado del sistema de Transporte Público, ayudándose de herramientas de manejo de datos del propio programa aquí desarrollado o mediante otras herramientas, estudiando la situación real o tendencial del sistema de Transporte Público, creando y comparando distintos escenarios y/o alternativas, así como la capacidad de realizar un estudio comparativo entre el sistema de Transporte Público frente al privado.

ANEXO. B: PLANOS DE LÍNEAS Y PARADAS

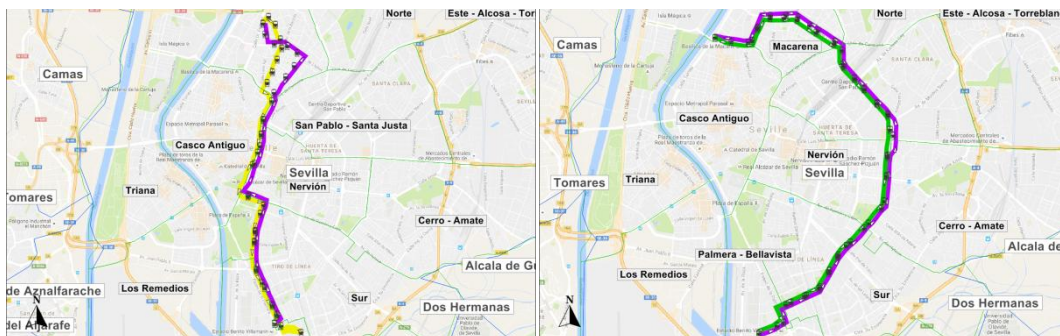
Índice de Planos

1.1. Línea 1	1.2. Línea 2.....	135
1.3. Línea 3	1.4. Línea 5.....	135
1.5. Línea 6	1.6. Línea 10.....	135
1.7. Línea 11	1.8. Línea 12.....	136
1.9. Línea 13	1.10. Línea 14.....	136
1.11. Línea 15	1.12. Línea 16.....	136
1.13. Línea 20	1.14. Línea 21.....	136
1.15. Línea 22	1.16. Línea 24.....	137
1.17. Línea 25	1.18. Línea 26.....	137
1.19. Línea 27	1.20. Línea 28.....	137
1.21. Línea 29	1.22. Línea 30.....	137
1.23. Línea 31	1.24. Línea 32.....	138
1.25. Línea 34	1.26. Línea 37.....	138
1.27. Línea 38	1.28. Línea 39.....	138
1.29. Línea 40	1.30. Línea 41.....	138
1.31. Línea 43	1.32. Línea 52.....	139
1.33. Línea 53	1.34. Línea B3.....	139
1.35. Línea B4	1.36. Línea C1.....	139
1.37. Línea C2	1.38. Línea C3.....	139
1.39. Línea C4	1.40. Línea C5.....	140
1.41. Línea C6A	1.42. Línea EA.....	140
2.1. Línea M-101A	2.2. Línea M-101B.....	141
2.3. Línea M-102-A	2.4. Línea M-102-B.....	141
2.5. Línea M-104	2.6. Línea M-105.....	141
2.7. Línea M-106	2.8. Línea M-110.....	142
2.9. Línea M-111	2.10. Línea M-112.....	142
2.11. Línea M-114	2.12. Línea M-115.....	142
2.13. Línea M-120	2.14. Línea M-121.....	142
2.15. Línea M-122	2.16. Línea M-123.....	143
2.17. Línea M-124	2.18. Línea M-126A.....	143
2.19. Línea M-130	2.20. Línea M-131.....	143
2.21. Línea M-132	2.22. Línea M-132B.....	143
2.23. Línea M-133	2.24. Línea M-134.....	144
2.25. Línea M-140	2.26. Línea M-141.....	144
2.27. Línea M-142	2.28. Línea M-142B.....	144
2.29. Línea M-143	2.30. Línea M-151.....	144
2.31. Línea M-152	2.32. Línea M-153.....	145
2.33. Línea M-154	2.34. Línea M-155.....	145
2.35. Línea M-157	2.36. Línea M-158.....	145
2.37. Línea M-159	2.38. Línea M-160.....	145
2.39. Línea M-161	2.40. Línea M-162.....	146
2.41. Línea M-163	2.42. Línea M-164.....	146
2.43. Línea M-165	2.44. Línea M-166.....	146
2.45. Línea M-167	2.46. Línea M-168.....	146
2.47. Línea M-169	2.48. Línea M-170A.....	147
2.49. Línea M-170B	2.50. Línea M-173.....	147

2.51. Línea M-174	2.52. Línea M-175.....	147
2.53. Línea M-176	2.54. Línea M-177.....	147
2.55. Línea M-216	2.56. Línea M-221.....	148
3.1.Cercanías C1.....		149
3.2.Cercanías C2.....		149
3.3. Cercanías C3.....		150
3.4.Cercanías C4.....		150
3.5. Cercanías C4.....		151
4.1. Línea 1 de Metro		153
5.1. Tranvía TUSAM.....		155

Los planos de las líneas expuestos en este anexo han sido obtenidos de del Modelo del Sistema de Transporte realizado en TransCAD.

1 PLANOS DE LÍNEAS URBANAS DE SEVILLA (TUSSAM)



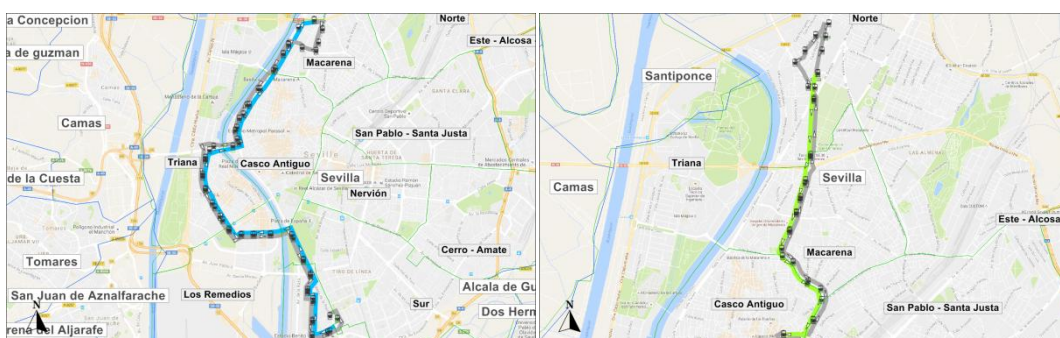
1.1. Línea 1

1.2. Línea 2



1.3. Línea 3

1.4. Línea 5

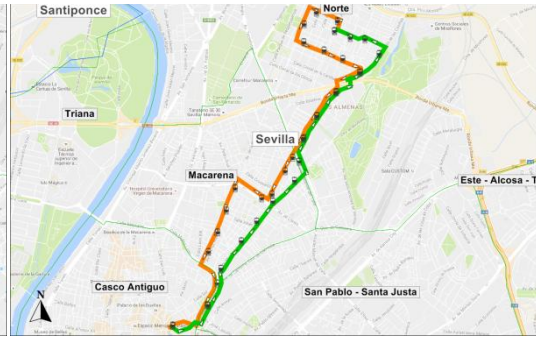


1.5. Línea 6

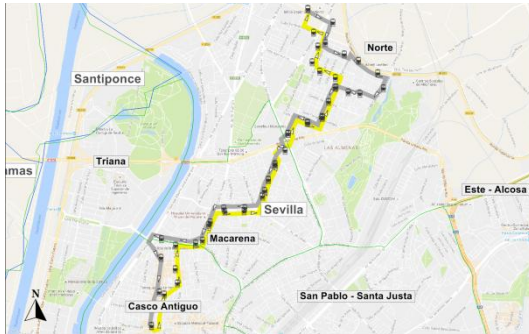
1.6. Línea 10



1.7. Línea 11



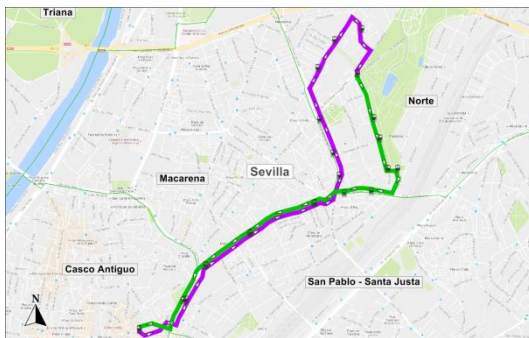
1.8. Línea 12



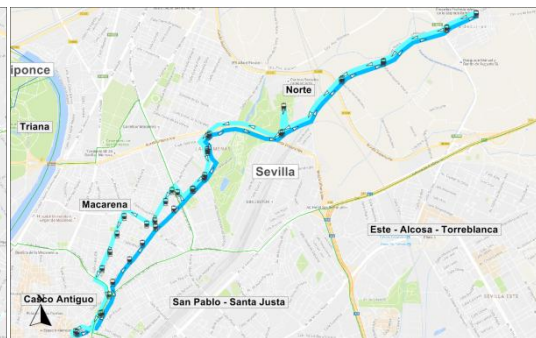
1.9. Línea 13



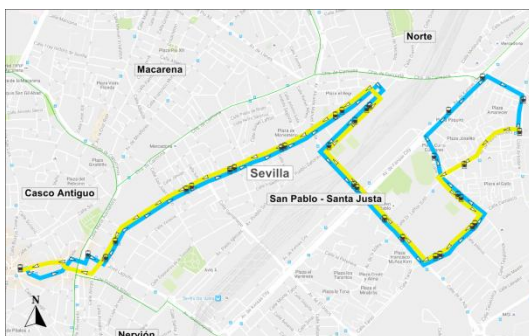
1.10. Línea 14



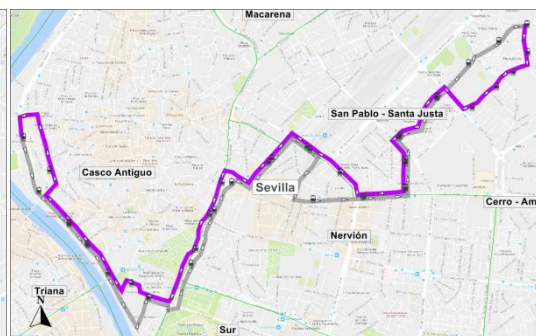
1.11. Línea 15



1.12. Línea 16



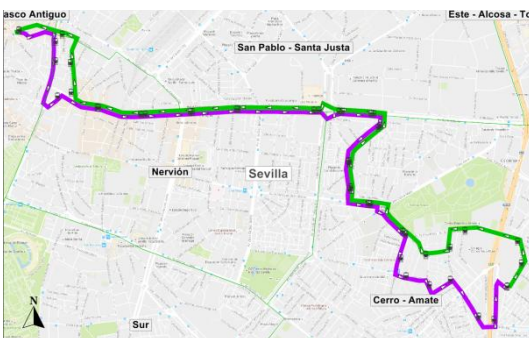
1.13. Línea 20



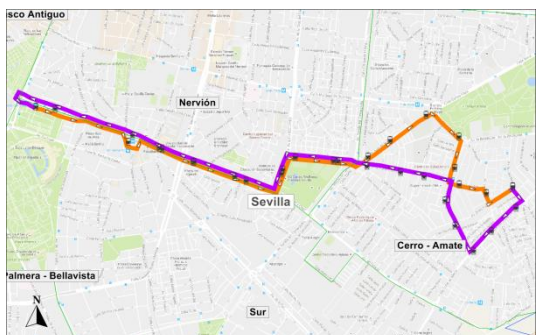
1.14. Línea 21



1.15. Línea 22



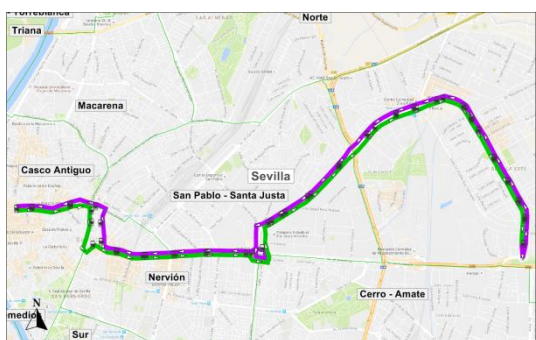
1.16. Línea 24



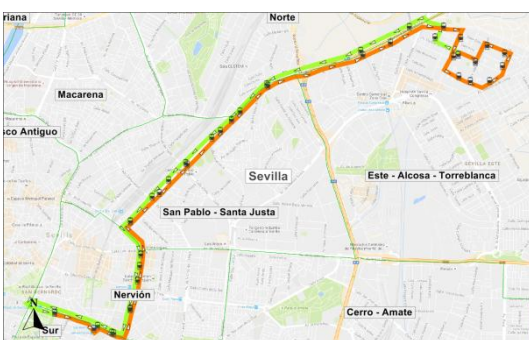
1.17. Línea 25



1.18. Línea 26



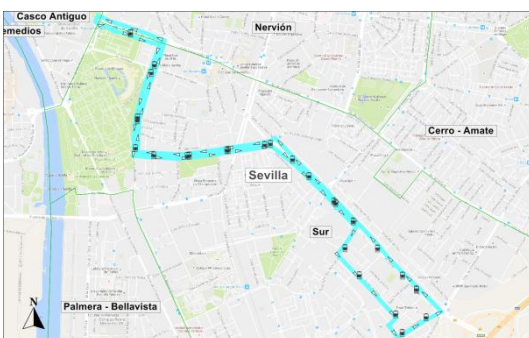
1.19. Línea 27



1.20. Línea 28



1.21. Línea 29



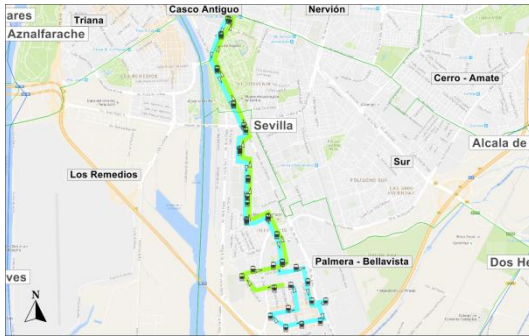
1.22. Línea 30



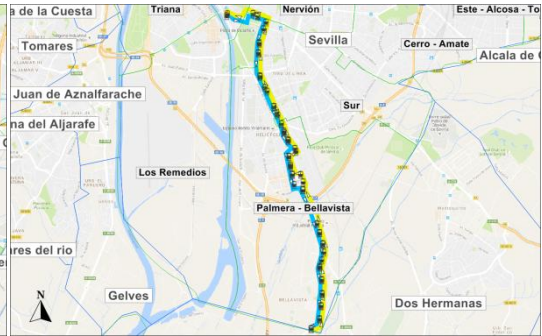
1.23. Línea 31



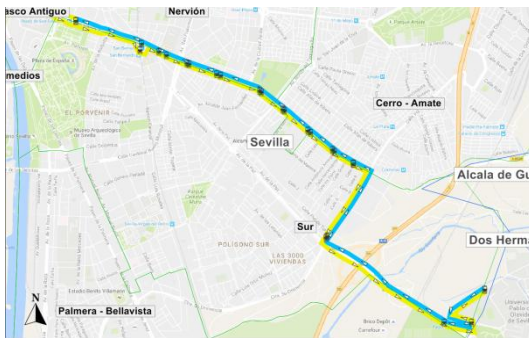
1.24. Línea 32



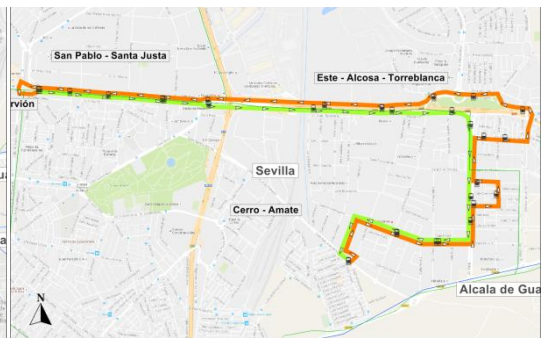
1.25. Línea 34



1.26. Línea 37



1.27. Línea 38



1.28. Línea 39



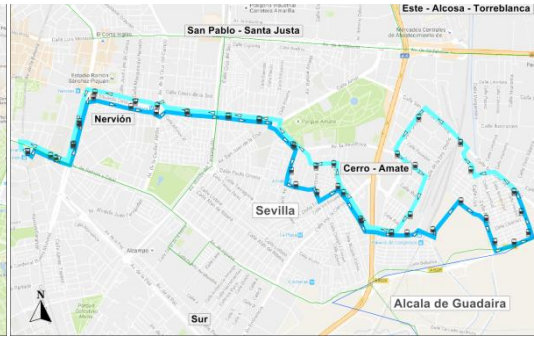
1.29. Línea 40



1.30. Línea 41



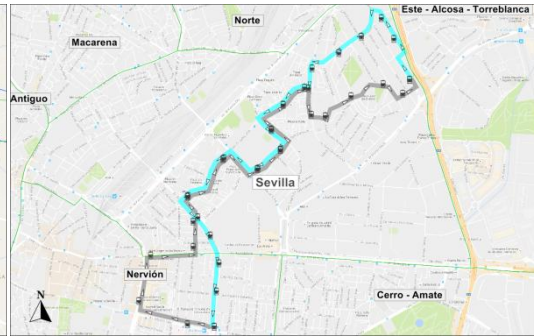
1.31. Línea 43



1.32. Línea 52



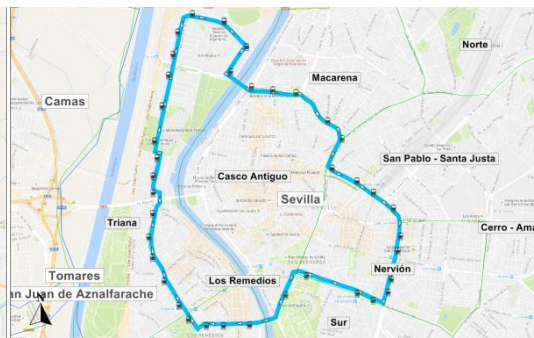
1.33. Línea 53



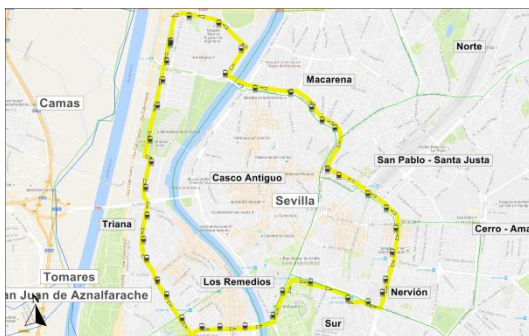
1.34. Línea B3



1.35. Línea B4



1.36. Línea C1



1.37. Línea C2

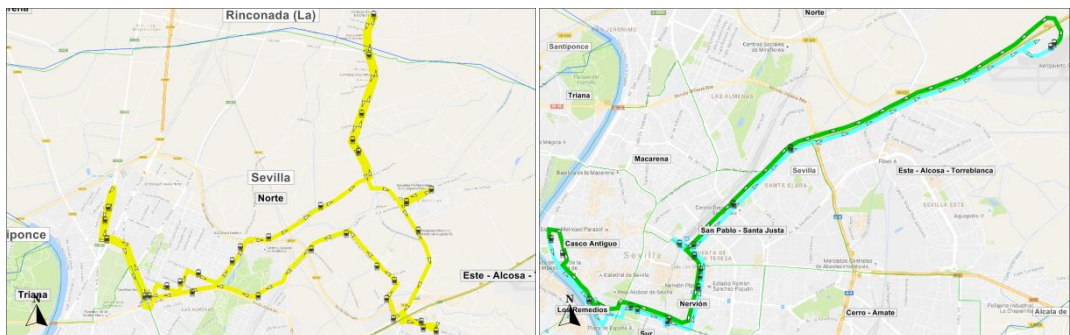


1.38. Línea C3



1.39. Línea C4

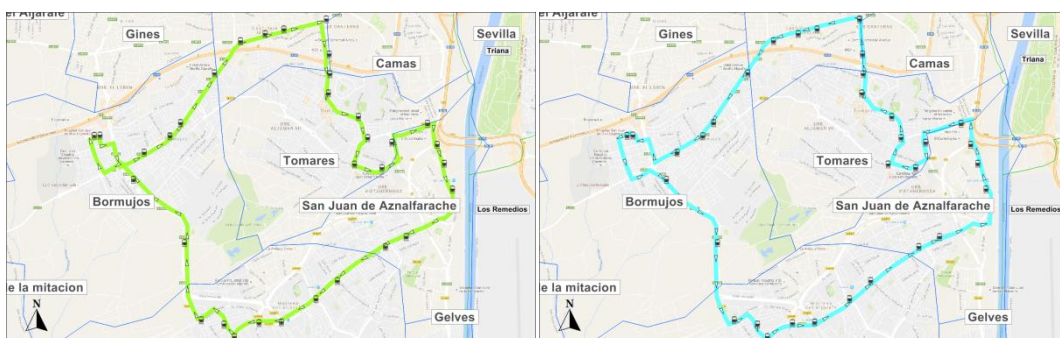
1.40. Línea C5



1.41. Línea C6A

1.42. Línea EA

2 PLANOS DE LÍNEAS METROPOLITANAS DEL CONSORCIO



2.1. Línea M-101A

2.2. Línea M-101B



2.3. Línea M-102-A

2.4. Línea M-102-B

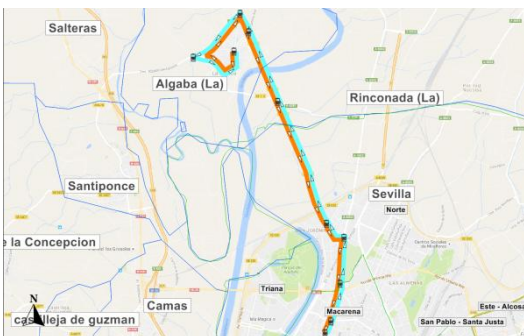


2.5. Línea M-104

2.6. Línea M-105



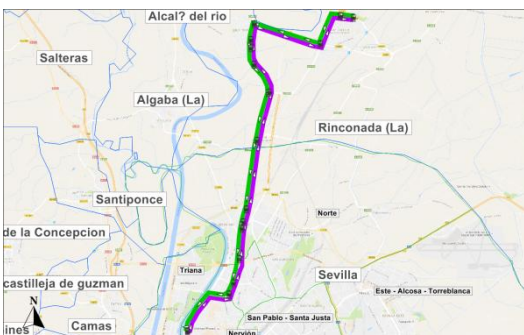
2.7. Línea M-106



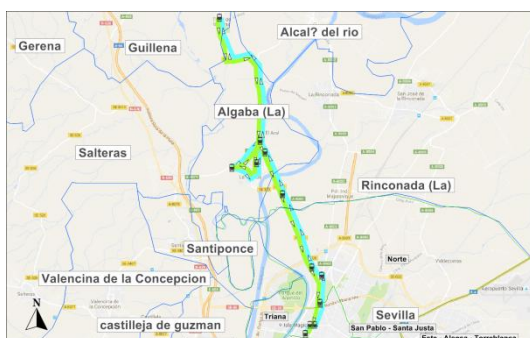
2.8. Línea M-110



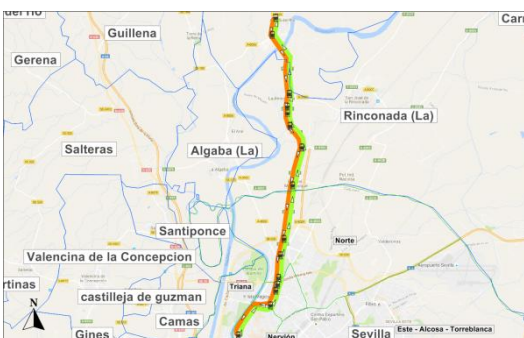
2.9. Línea M-111



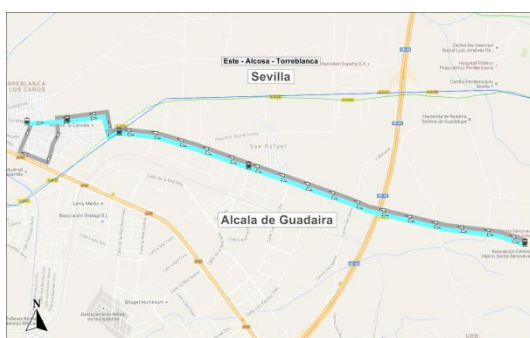
2.10. Línea M-112



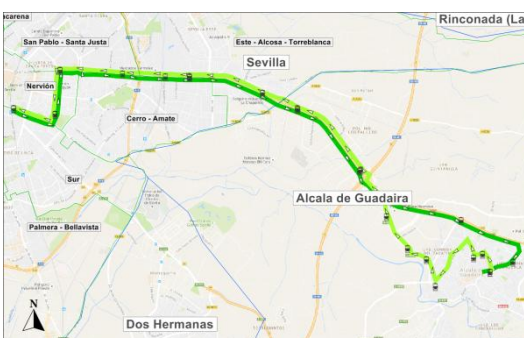
2.11. Línea M-114



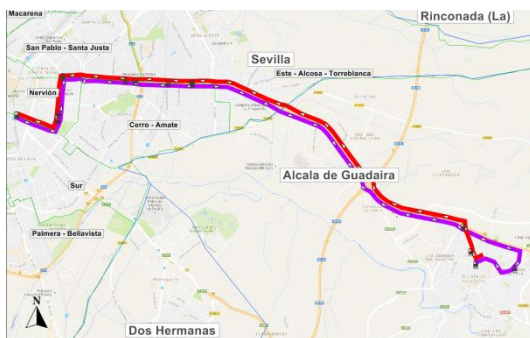
2.12. Línea M-115



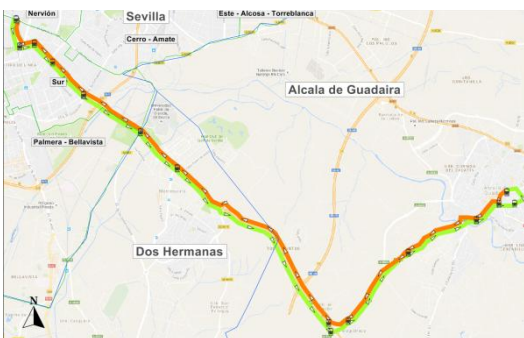
2.13. Línea M-120



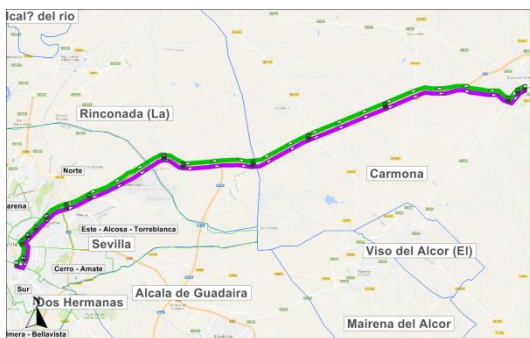
2.14. Línea M-121



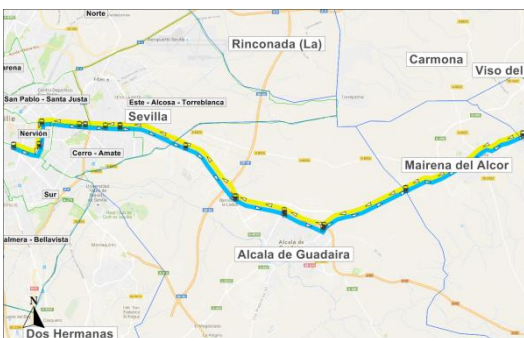
2.15. Línea M-122



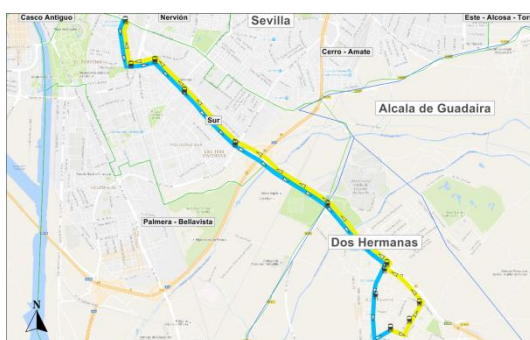
2.16. Línea M-123



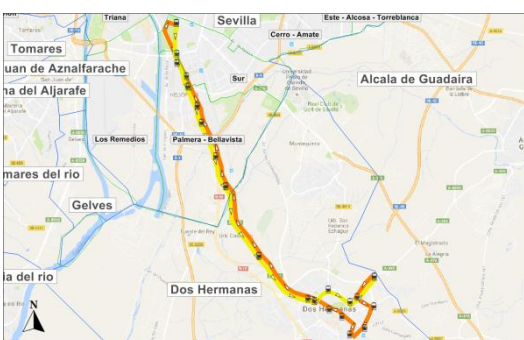
2.17. Línea M-124



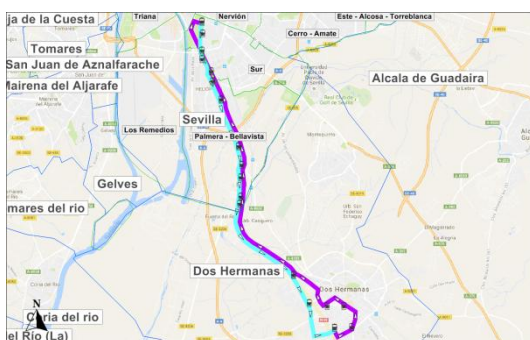
2.18. Línea M-126A



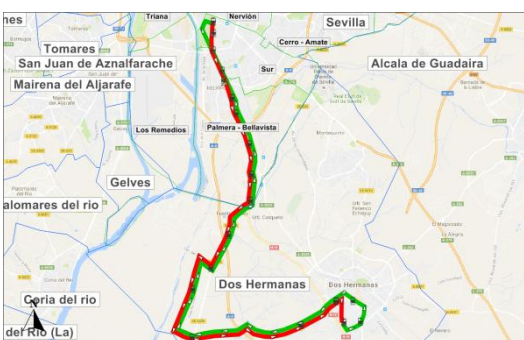
2.19. Línea M-130



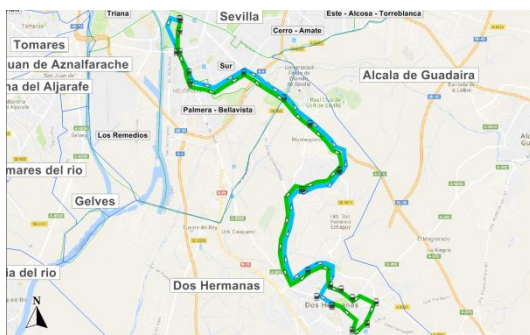
2.20. Línea M-131



2.21. Línea M-132



2.22. Línea M-132B



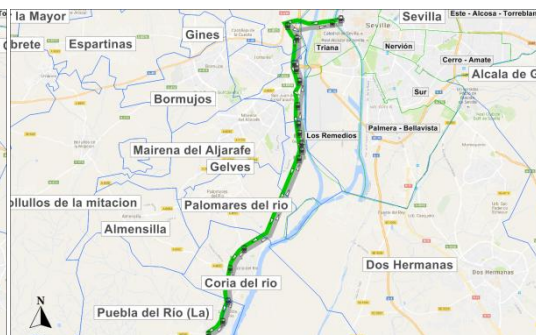
2.23. Línea M-133



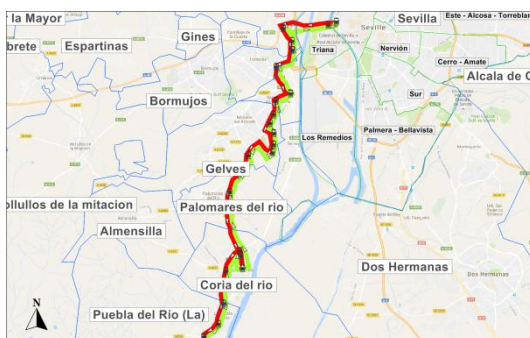
2.24. Línea M-134



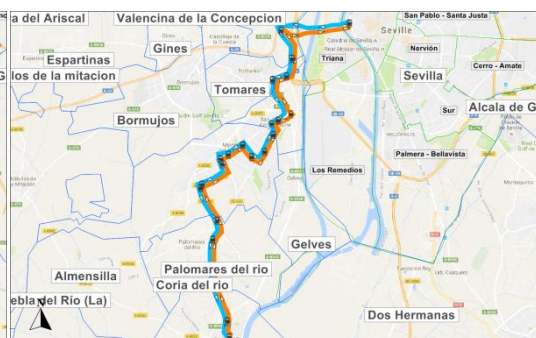
2.25. Línea M-140



2.26. Línea M-141



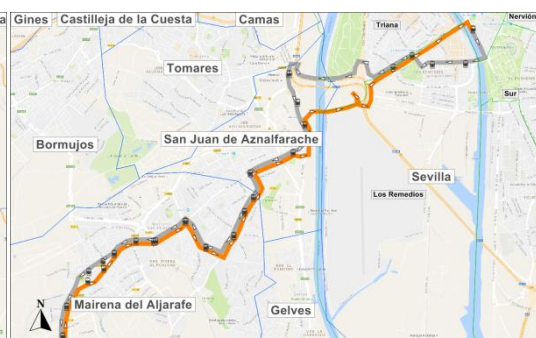
2.27. Línea M-142



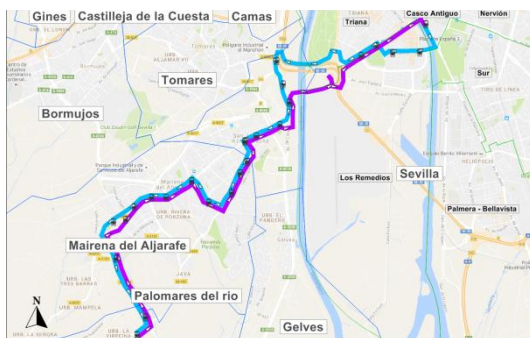
2.28. Línea M-142B



2.29. Línea M-143



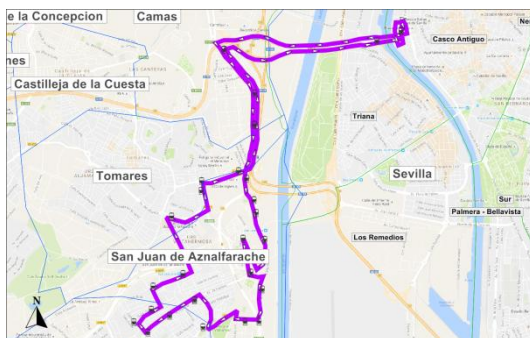
2.30. Línea M-151



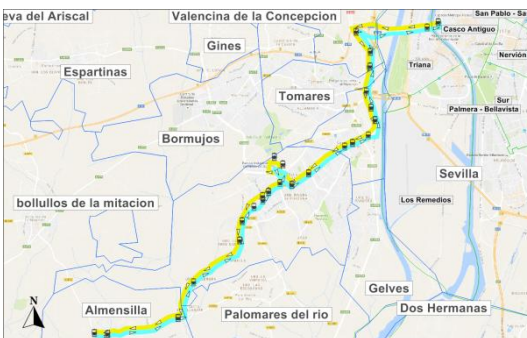
2.31. Línea M-152



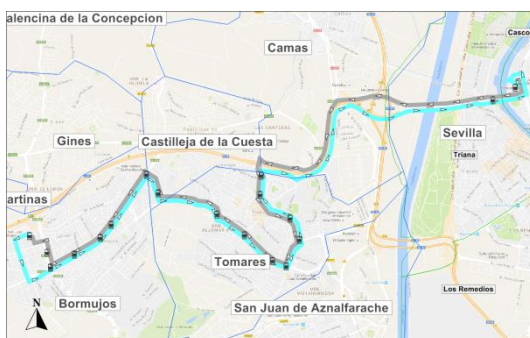
2.32. Línea M-153



2.33. Línea M-154



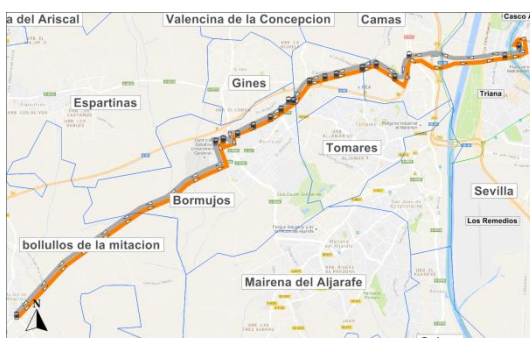
2.34. Línea M-155



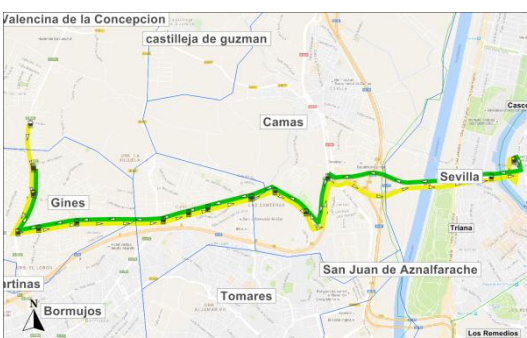
2.35. Línea M-157



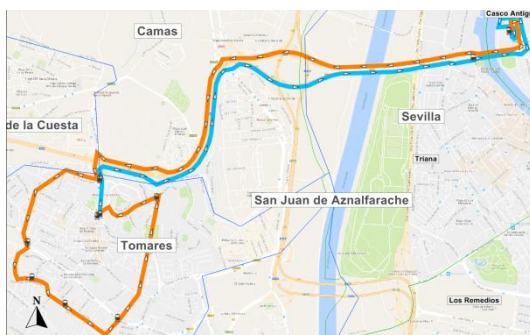
2.36. Línea M-158



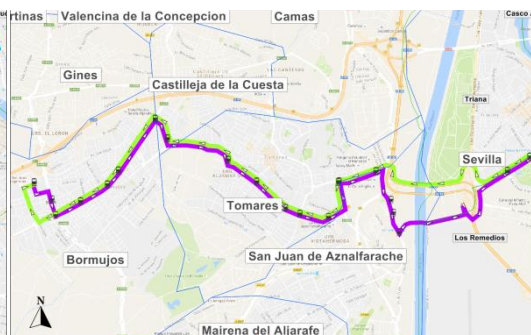
2.37. Línea M-159



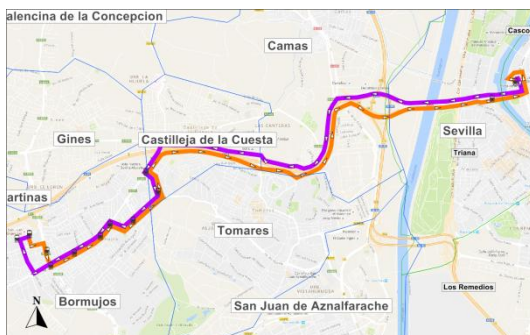
2.38. Línea M-160



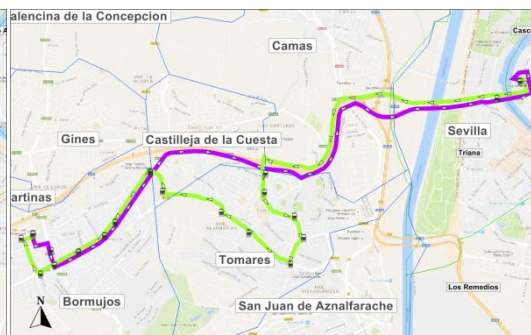
2.39. Línea M-161



2.40. Línea M-162



2.41. Línea M-163



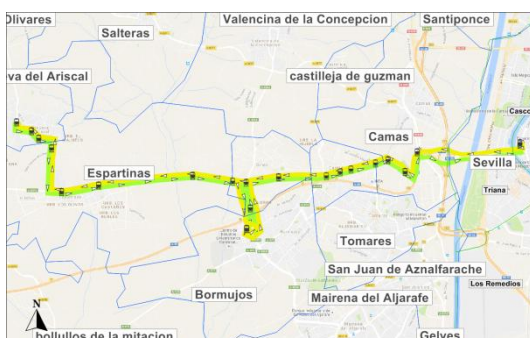
2.42. Línea M-164



2.43. Línea M-165



2.44. Línea M-166



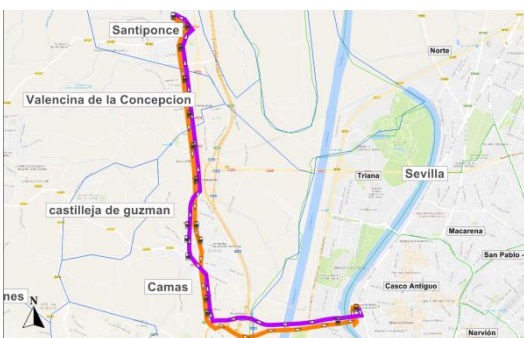
2.45. Línea M-167



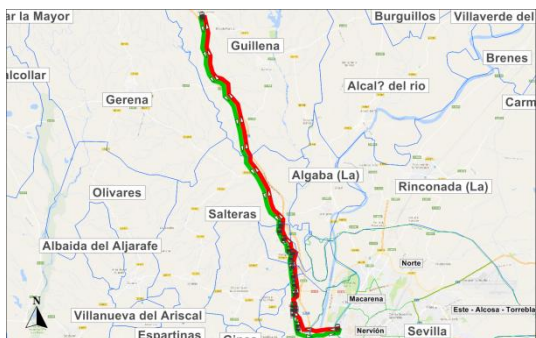
2.46. Línea M-168



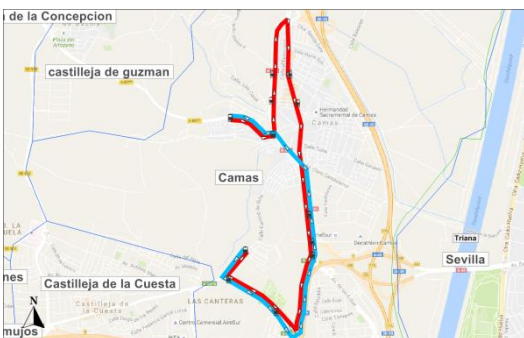
2.47. Línea M-169



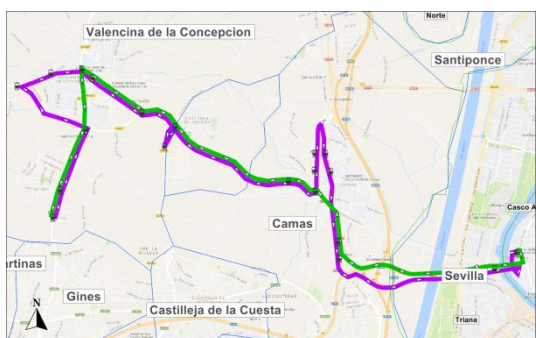
2.48. Línea M-170A



2.49. Línea M-170B



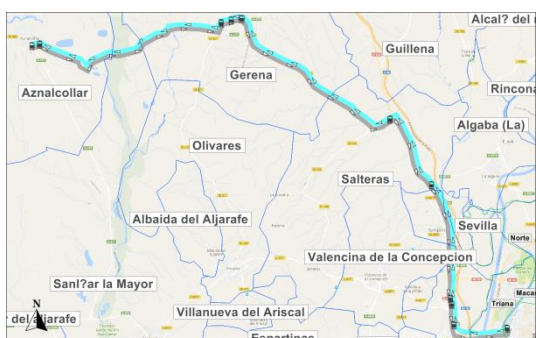
2.50. Línea M-173



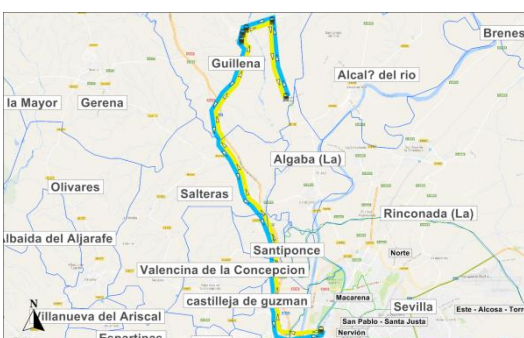
2.51. Línea M-174



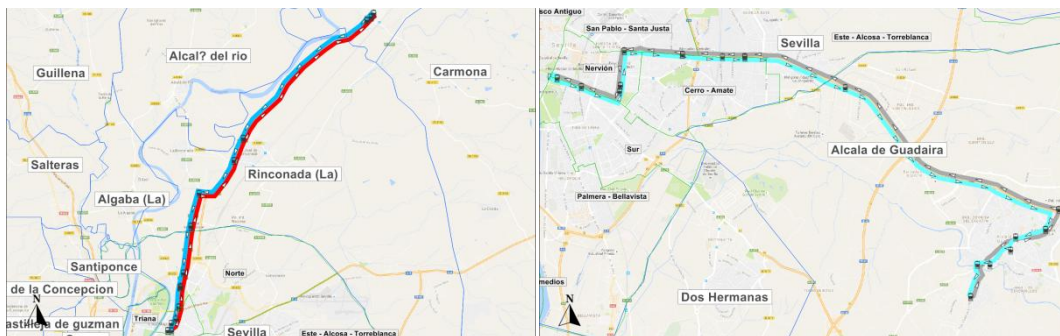
2.52. Línea M-175



2.53. Línea M-176



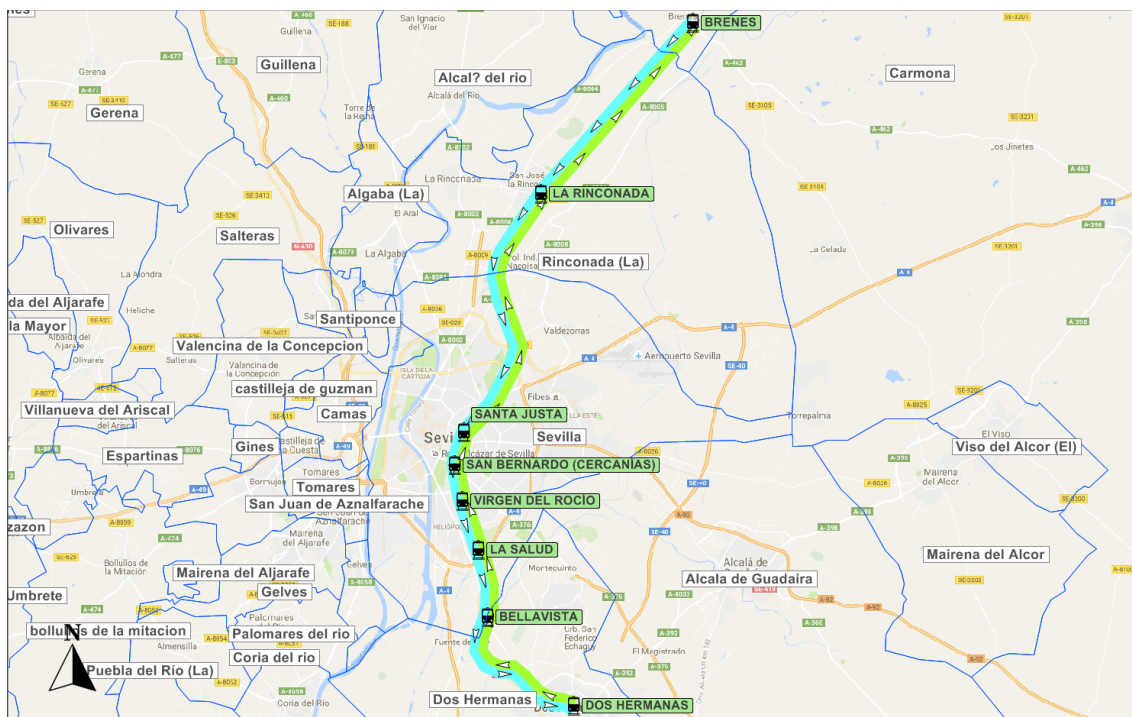
2.54. Línea M-177



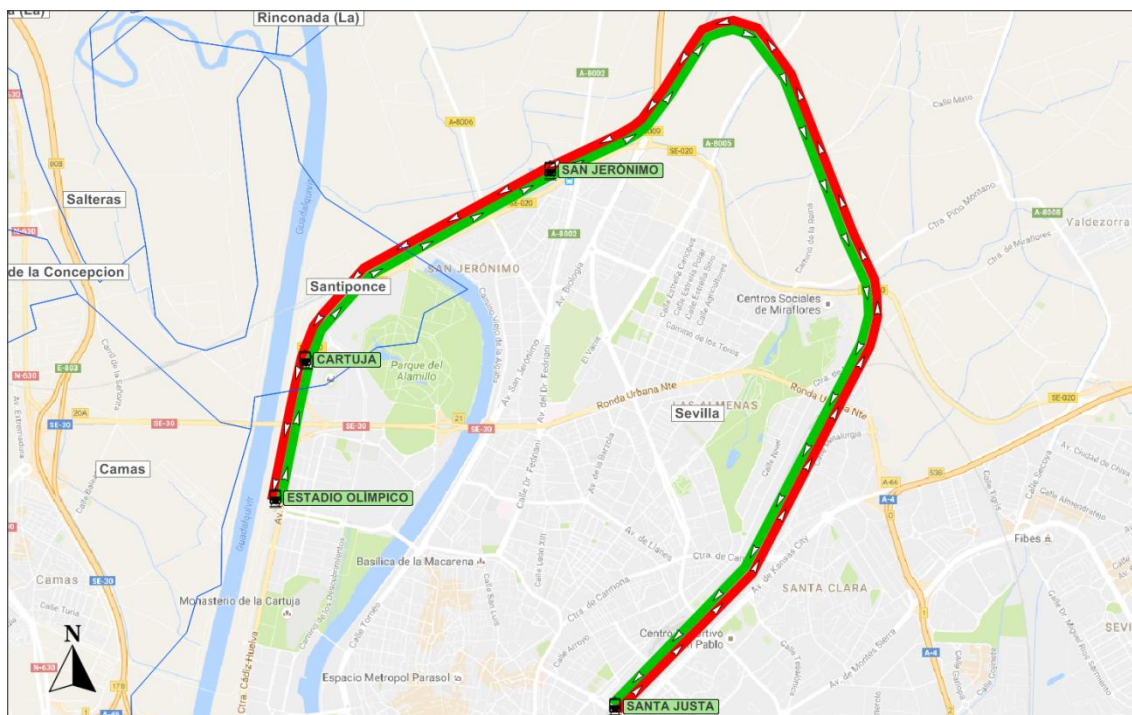
2.55. Línea M-216

2.56. Línea M-221

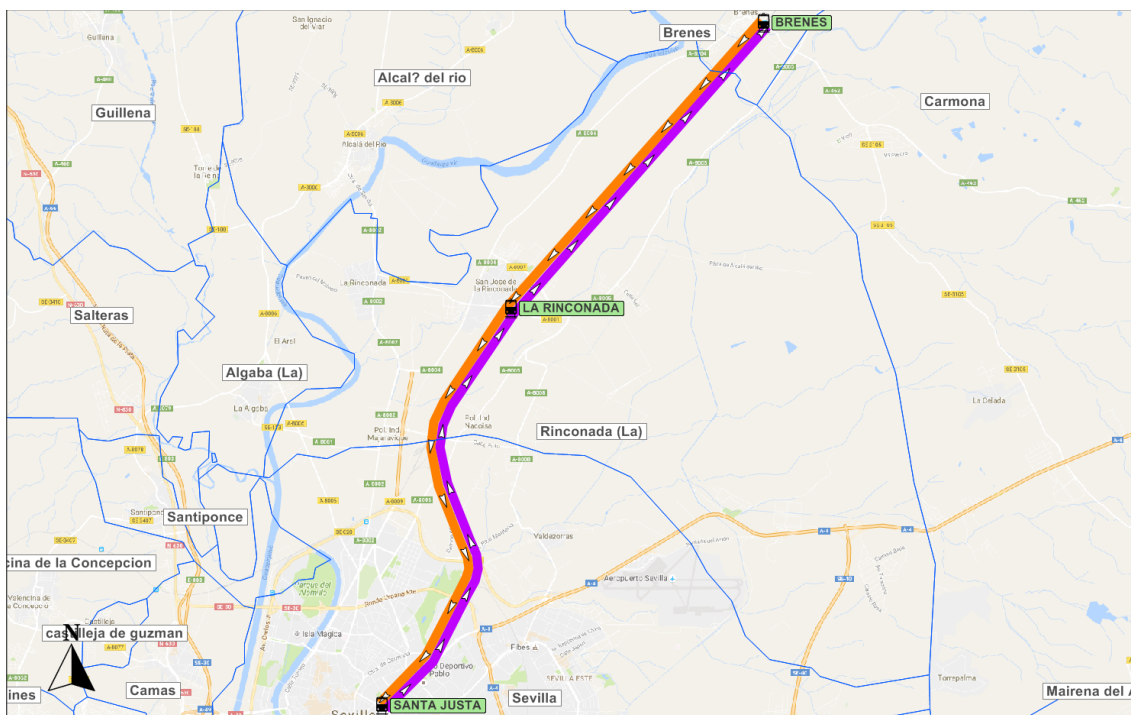
3 PLANOS DE LÍNEAS DE CERCANÍAS RENFE



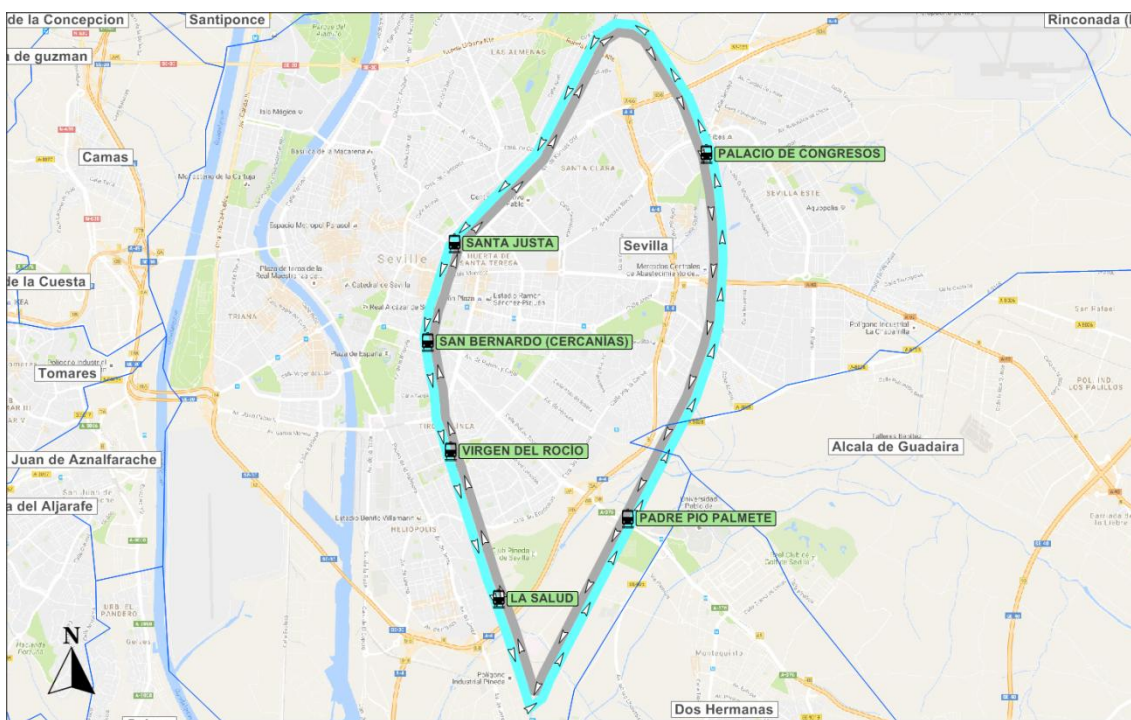
3.1.Cercanías C1



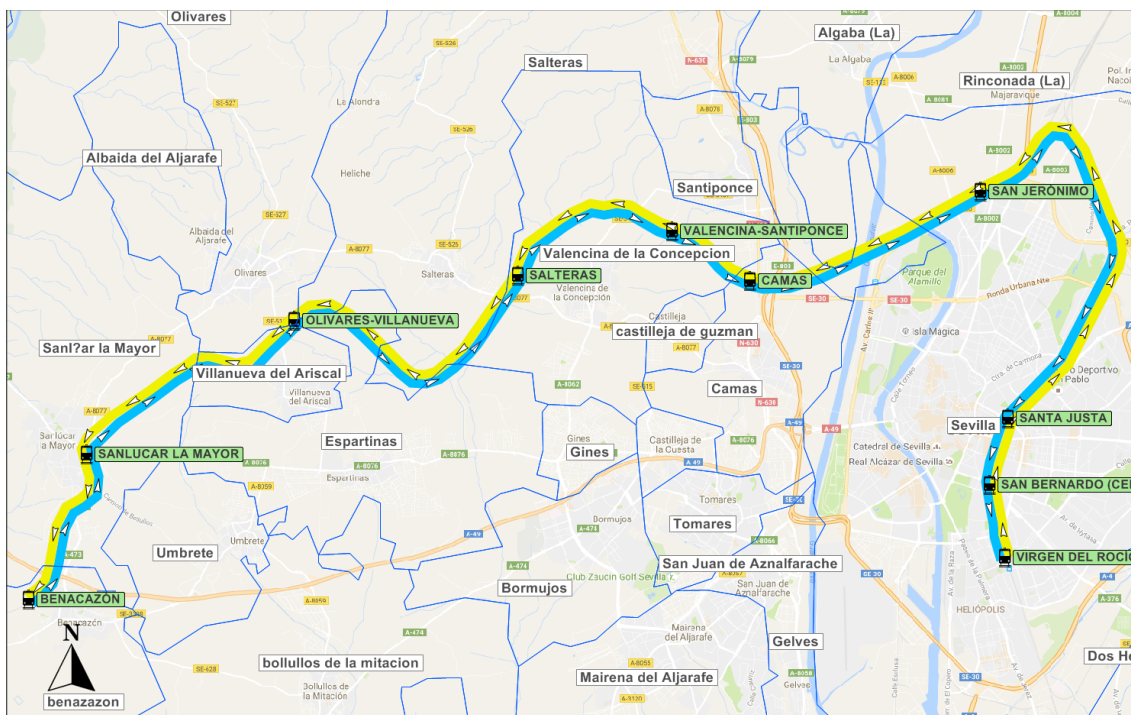
3.2.Cercanías C2



3.3. Cercanías C3

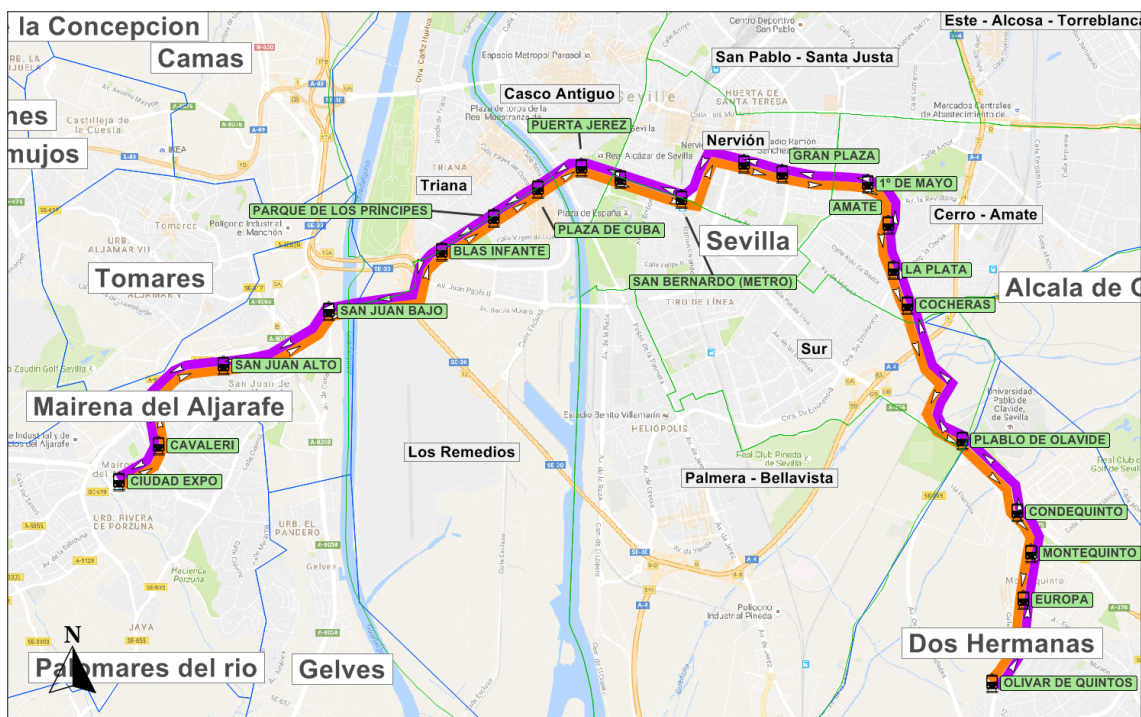


3.4. Cercanías C4



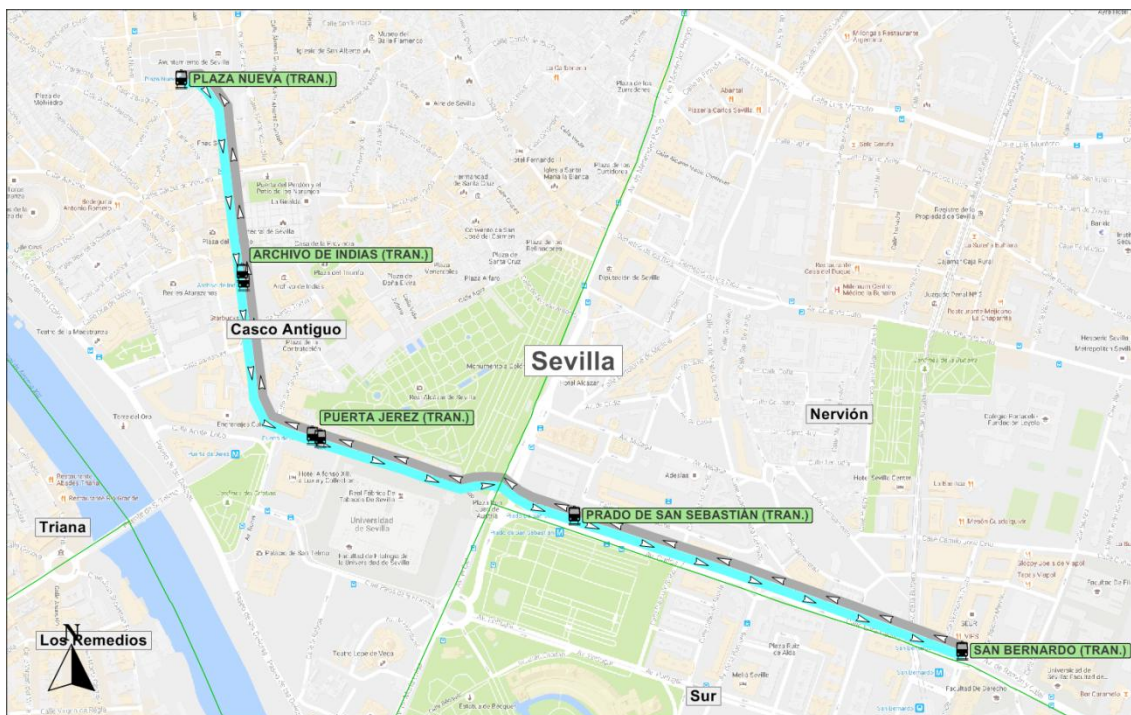
3.5. Cercanías C4

4 PLANOS DE LÍNEAS DE METRO



4.1. Línea 1 de Metro

5 PLANOS DE LÍNEAS DE TRANVÍA



5.1. Tranvía TUSAM

Referencias

- TransCAD. *User´s Guide. Travel Demand Modeling with TransCAD 6.0*
- *Manejo del software TransCAD especializado en transporte, logística y operaciones, Análisis de los recorridos de los vehículos del Transporte Público.* Centro de Investigaciones Viales LEMaCRocio Rolón, 2009.
- *Manual Básico de TransCAD.* Universidad Nacional de Ingeniería. Rómulo Chinchay Romero
- *Diseño de Redes de Transporte Público,* Ginés Campos Dominguez, 2008.
- *Encuesta Demanda de Movilidad de 2007.* Ayuntamiento de Sevilla.
- *Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía,*2013.
- *Memoria Anual TUSAM,* 2015, Transportes Urbanos de Sevilla SAM.
- http://www.ine.es/inebmenu/mnu_padron.htm Instituto Nacional de Estadística
- [http://datosabiertos.sevilla.org/Portal de datos abiertos de Sevilla.](http://datosabiertos.sevilla.org/Portal de datos abiertos de Sevilla)
- http://www.tusam.es/index.php?id=74&no_cache=1 Plano de Líneas de TUSAM,
- http://www.consorciotransportes-sevilla.com/pdf/plano_CTAS.pdf Planos de Líneas de Autobuses Metropolitanos de Sevilla